EL PENSADOR INTRUSO

El espíritu interdisciplinario
en el mapa del conocimiento



Siguiendo lo que bien podría llamarse una teoría de la interdisciplinariedad, el físico Jorge Wagensberg desarrolla en este libro un meticuloso y fecundo análisis de los valores del pensamiento fronterizo y elabora un soberbio elogio del talante y el talento del pensador intruso, capaz de merodear por las disciplinas del saber en busca de similitudes y comparaciones insólitas. A través de numerosos ejemplos extraídos de la historia de la ciencia, del mundo del arte o de la vida cotidiana, el autor muestra que el conocimiento nunca es, en el fondo, puro, y que ciencia, arte e intuición se estimulan mutuamente e hibridan sus objetos, sus métodos y sus lenguajes.

Índice de contenido

Por las conversaciones y risas compartidas,
por estar siempre ahí arriba,
por estar a punto, en todo momento
como *sparring* intelectual y estético,
por una larga e incombustible amistad,
por nuestros proyectos comunes sobre el progreso moral,
para Alicia Fingerhut,
para mi vecina del ático

Prólogo

¿No se puede comparar?... pues entonces tampoco se puede comprender

El espíritu de la frontera invita a revolotear en torno a un tema antes de profundizar en él. Es un hábito de riesgo que favorece la creación de nuevo conocimiento pero que, por otro lado, invita más a abrir paréntesis que a cerrarlos. Por ello el pensador intruso navega a ratos a la deriva, pero su norte es más una esperanza de gozo intelectual que una garantía de arribada a puerto. No es mala estrategia. Las mariposas también dan la impresión de perder el tiempo saltando de flor en flor antes de decidirse por una en concreto en la que libar seriamente. Durante una época tuve mala conciencia por picotear aquí y allá en busca de la promesa de felicidad más creíble e inmediata. Cuando jugaba al ajedrez lamentaba descuidar el atletismo (dos actividades en el fondo solitarias), si asistía a clase de violín sentía que era a costa de una clase de inglés y viceversa, cuando acudía a una sala de conciertos creía desperdiciar un tiempo precioso al aire libre y viceversa, si nadaba en el mar azul añoraba la solemnidad de la montaña y viceversa, cuando me atrapaba el texto de un ensayo sentía que les hacía un feo a los poetas, asistir a una clase en la facultad de física me parecía una traición para con los amigos que había dejado conversando en la cafetería… y viceversa. Y todo eso no ocurre por un exceso de duda (que también): no se trata de una inseguridad por lo que uno está haciendo, se trata más bien de una inseguridad por lo que uno está dejando de hacer.

El talante y el talento interdisciplinario, es curioso, no suelen cuestionarse *a posteriori*, a la vista de los resultados obtenidos, sino *a priori*, ante la colección de prejuicios asignados de entrada al pensador

intruso: superficialidad, inconstancia, falta de rigor, ingenuidad… A veces, durante la práctica interdisciplinaria, uno llega a hacer suyos estos mismos reproches, pero pronto cae en la cuenta de que la *comparación* es una fase previa de toda comprensión y de que las comparaciones se agotan rápidamente *tierra adentro*, mientras que brotan con mucha frescura en el litoral y en territorio fronterizo. Si no se puede comparar, entonces tampoco se puede comprender. Circulan por ahí muchos refranes y proverbios enfadosamente moralizantes, pero ninguno tan absurdo como el que proclama a los cuatro vientos su odio a (todas) las comparaciones.

En el fondo, toda comprensión procede de alguna clase de diferencia detectada cerca de alguna clase de frontera. Y cuando una nueva comprensión se consagra, entonces las fronteras se redibujan para integrar la innovación en su seno. La adquisición de nuevo conocimiento navega delicadamente entre la dispersión y la concentración de ideas. La observación necesita dispersión (buscar lo diferente entre lo similar), mientras que la comprensión necesita concentración (buscar lo común entre lo diverso). Toda investigación científica fluctúa entre la dispersión y la concentración, entre la observación y la comprensión. Y de la misma manera que se puede sentenciar que *no hay sustancias tóxicas sino dosis tóxicas*, para navegar sin naufragar entre dispersiones y concentraciones de ideas también hay que afinar con la dosis.

Los aguerridos habitantes de la frontera opinan, con Oscar Wilde, que la mejor manera de vencer una tentación es sucumbir a ella sin remilgos. En la bifurcación del camino decide mejor una oportunidad de felicidad que una promesa de verdad. En efecto, uno nunca puede estar seguro de saber si lo que está pensando es verdad o no lo es, pero nadie puede dudar de haber experimentado un gozo intelectual cuando este se produce. La interdisciplinariedad es toda una manera de reflexión que maneja sobre todo ideas, quizá solo ideas y quizá nada más que ideas. (En cambio, cuando lo que atraviesa una frontera es un resultado, una conclusión o una teoría final, entonces el riesgo de fallar el tiro se dispara). Las ideas no necesitan licencia para sobrevolar fronteras. El fuego cruzado de ideas no requiere disculpa alguna por intrusismo. Una idea (insistamos, que no una conclusión) tiene la máxima libertad de movimiento pero siempre como

idea. Cuando el pensamiento se atasca, mirar por encima de la frontera es un recurso; cuando el pensamiento no se atasca, mirar por encima de la frontera es método, talante interdisciplinario. Este ensayo proclama la teoría y práctica de este talante.

La primera parte de este libro es una reflexión sobre las tres propiedades que caracterizan cualquier disciplina del conocimiento: su contenido, su método y su lenguaje. Cualquier medio de transmitir conocimiento evoluciona explorando por esta triple ladera: nuevas complejidades para sus contenidos, nuevas esencias para sus métodos y nuevos acentos para sus lenguajes. Es curioso constatar cómo, además, todos esos medios acaban logrando un lenguaje que les es propio. Así, podemos comprobar la evolución de la manera de escribir, de la manera de hacer cine, de hacer televisión, de dar conferencias o clases, de concebir audiovisuales… Solo existe un medio de transmisión de conocimiento que, en mi opinión, no ha encontrado del todo aún, a estas alturas, su propio lenguaje: es la museología. Y esta excepción encierra una honda contradicción respecto del pensamiento interdisciplinario. En efecto, todos los medios para transmitir conocimiento utilizan ciertos elementos prioritarios para expresarse: palabras escritas (para periódicos, libros, revistas…), palabras habladas (para conferencias, conversaciones, clases…), imágenes (para la fotografía, el cine, los audiovisuales), sonidos (para la radio…), pero cualquiera que sea su palabra fundamental, los lenguajes tratan, cada vez más, contenidos interdisciplinarios. Ahora bien, un museo quizá sea el único medio cuyas *palabras fundamentales* son (¡innegociablemente!) elementos de la realidad misma (piezas, experimentos, obras de arte originales e irreemplazables…). Además, nada hay más interdisciplinario que la misma realidad. Desde hace unos años repito con deleite el siguiente aforismo: *la interdisciplinariedad es necesaria porque la realidad no tiene ninguna culpa de los planes de estudios que se pactan en escuelas y universidades*. ¿Dónde está la honda contradicción? Pues en el hecho de que el muco medio que usa elementos de la mismísima realidad para expresarse sea también el medio donde la interdisciplinariedad ha llegado menos lejos. O sea: el lenguaje menos evolucionado (el lenguaje museográfico) es también el que se usa para los contenidos menos

interdisciplinarios. En efecto, el arte, la ciencia y las tradiciones culturales de todo tipo coexisten cada vez más y mejor en libros, revistas, películas, conferencias, clases y programas de todo tipo. Sin embargo, los museos de ciencia y los museos de arte tienen direcciones urbanas distintas en todas las ciudades del mundo. Más aún, dentro incluso de la ciencia y del arte, los museos tienen una enorme tendencia a especializar sus contenidos: museos de física, museos de historia natural, museos de arqueología, museos de historia… museos de arte antiguo, museos de arte moderno, museos de arte contemporáneo… museo de la ciudad, museo del agua, museo del pan, museo del transporte, museo del diseño, museo de la gastronomía, museo del vino, museo del medio ambiente, museo del juguete, museo del deporte… Nada en contra del museo monotemático y del museo especializado, pero ¿qué es lo que impide que el talante interdisciplinario entre en los museos? ¿Qué es lo que ahuyenta al pensador intruso de sus salas? El contenido de un museo, aunque sea monotemático, está hecho siempre de realidad, y la afirmación aflorará una y otra vez en este libro: nada hay más interdisciplinario que la misma realidad. El lenguaje museográfico que más se ha movido últimamente ha sido el de los museos científicos que, desde hace bien poco, incluye una interesante gramática de objetos reales, fenómenos reales y metáforas sobre la realidad invisible a simple vista [Terradas, Terradas y Wagensberg, 2006] pero trasciende muy lentamente sin llegar a afectar significativamente a los museos no científicos.

¿Se puede pensar en un presunto Museo del Conocimiento? ¿Puede la reciente museografía científica exportarse o adaptarse para museos no necesariamente científicos? ¿Se puede pensar en una pinacoteca diferente? ¿Se pueden renovar todos los museos de contenido científico con contenidos y lenguaje interdisciplinario? ¿No será que una gran parte de los museos existentes y que gran parte de los nuevos museos que se están diseñando hoy en día hunden todavía sus raíces en las ideas del siglo XIX?

Hacer el primer museo moderno de Historia Natural que se ocupe explícitamente de la evolución y de la diversidad de la vida en el planeta es aún, creo, una asignatura pendiente. Hacer el primer museo moderno de Historia que no ponga por delante la grandeza de un particular colectivo

humano (en general el mismo que paga el museo) es una asignatura pendiente. Hacer el primer museo de Arqueología que intente captar la cosmogonía humana de la época y el lugar de los yacimientos es aún una asignatura pendiente. Hacer el primer museo sobre la Salud y el Deporte es también aún una asignatura pendiente. Todas estas preguntas laten en cada página de la primera parte de este ensayo porque tengo la sospecha de que por fin va a arrancar una nueva era en la idea del Museo como una herramienta de cambio social. Algo se mueve en el lenguaje de los museos y habrá que estar atentos porque una buena oportunidad de museo se presenta a un ritmo aproximado de una vez por siglo. La cuestión de inventar un nuevo lenguaje está bien lejos de ser trivial a pesar de lo fácil que resulta la extracción de aplicaciones triviales de toda nueva tecnología.

Toda nueva tecnología permite acceder a nuevos contenidos y da pie a nuevos lenguajes, por lo que también equivale a abrir un ventanal a una nueva era para la creación de conocimiento. Ciencia y tecnología se nutren y estimulan la una a la otra sin cesar, por lo que es muy difícil tomarse en serio el *fin del arte* (Georg W. F. Hegel, 1989), el *fin de la historia* (Francis Fukuyama, 1994) o el *fin de la ciencia* (John Horgan, 1996). La tecnología puede irrumpir en escena con nuevas posibilidades de observar y de comprender. Pero los nuevos lenguajes necesitan su tiempo para madurar. Los primeros automóviles fueron carrozas con un motor atornillado en el hueco que habían dejado los caballos. El cine mudo dudó antes de dejar de ser teatro filmado y el cinc sonoro exploró lo suyo antes de lucirse con el sonido; el lenguaje de la arquitectura ha podido reinventarse con el hormigón armado y con las técnicas de cálculo y visualización de formas… No se trata de añadir pedazos de tecnología fresca a un lenguaje antiguo, sino de inventar un nuevo lenguaje que saque partido de la nueva tecnología. Sustituir la madera o el hierro por el hormigón para diseñar la misma vivienda es una aplicación banal; imaginar y construir formas o estructuras antes impensables es reinventar el lenguaje. Pueden tardar más o menos, pero algunas disciplinas del conocimiento parecen especialmente perezosas con la renovación de sus lenguajes. El buen camino lo señala mejor la interdisciplina que la Ínter o multitecnología.

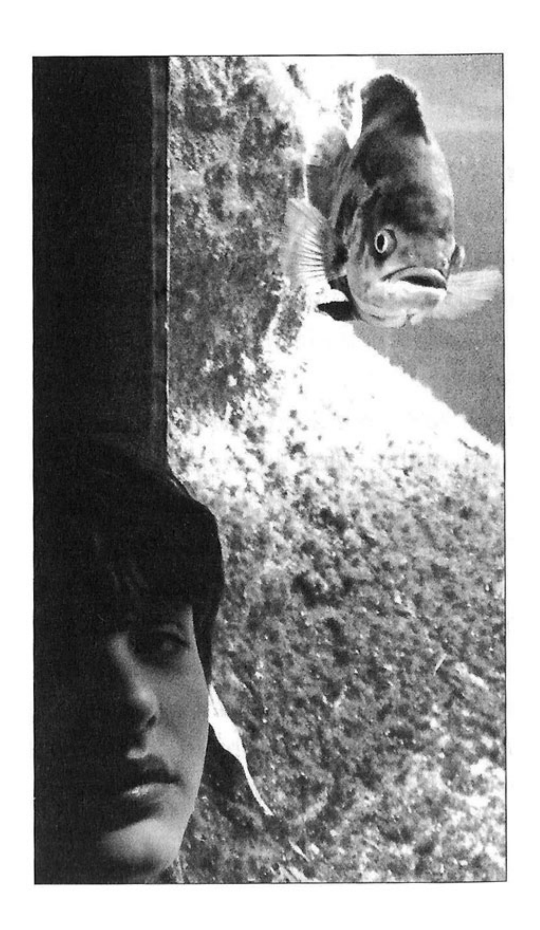
Los museos son un caso muy especial y curioso. Etimológicamente la palabra museo procede de *musa*, como música, como mosaico; es el espacio de encuentro para la inspiración. En la enorme diversidad de los museos actuales brillan hoy las innovaciones tecnológicas más variadas: pantallas de plasma gigantes, hologramas, imágenes 3D y 4D, alta definición, conexiones de todo tipo a internet, aplicaciones de telefonía inteligente, hipertextos telescópicos, simulaciones de toda índole, realidad virtual, realidad aumentada… Sin embargo, y a pesar de todas esas innovaciones deslumbrantes, el lenguaje museográfico apenas se ha movido en los últimos siglos. Ninguna de tales innovaciones es en sí misma *palabra de museo*. Esta es siempre un pedazo de realidad: un objeto, un fenómeno o una metáfora y son las innumerables combinaciones de objetos fenómenos y metáforas las que, gracias a las nuevas tecnologías, pueden edificar un nuevo lenguaje con el que contar una buena historia, una historia cuya emoción y gozo intelectual no se puede reemplazar por algo que no sea la visita física al museo. Los museos son todos esencialmente interdisciplinarios, incluso los que se dedican a un único tema, porque su contenido está hecho de realidad y nada hay más interdisciplinario que la realidad misma. En la interdisciplinariedad encontrará, está encontrando, un lenguaje que le es propio. Tal es el reto.

La primera parte de este libro desarrolla ampliamente las ideas de un ensayo sobre la multidisciplinariedad aparecido en el primer número de la revista *La Maleta de Portbou*. La segunda parte es una colección de ejercicios interdisciplinarios publicados durante los últimos años en la revista de la Universidad de Valencia *Mètode* y en los diarios *El País* y *El Periódico de Catalunya*. Es algo así como la parte práctica de la reflexión teórica de la primera parte. Los he agrupado, por coherencia con la idea del talante interdisciplinario, según predomine en ellos la complejidad, el método o el lenguaje.

Jorge Wagensberg, São Paulo, 24 de agosto de 2013
y Barcelona, enero de 2014

Primera parte

El espíritu interdisciplinario en el mapa del conocimiento



Mirando a cámara desde ambos lados de la frontera que separa dos mundos.

El conocimiento es pensamiento empaquetado

Sin lenguaje se puede pensar, pero no se puede comprender

La mente piensa. Más aún: a la mente le cuesta mucho dejar de producir pensamiento. Hay que concentrarse más para no pensar que, por ejemplo, para no respirar. La mente se apoya en un cerebro que dispone de unos ochenta y cinco mil millones de neuronas, lo que significa a su vez un número colosal de conexiones posibles. Esto da una idea del tamaño que puede llegar a alcanzar un pensamiento en bruto, es decir, un pensamiento con todos sus matices originales, un acontecimiento que aún no ha trascendido fuera de la mente dentro de la cual acaba de nacer. En el límite se necesita una cantidad de información prácticamente infinita para reproducir un pensamiento con una fidelidad perfecta. Por ello, en el límite todo pensamiento pertenece solo a la mente que lo ha producido, o sea, es irrepetible en toda su plenitud para cualquier otra mente. Solo el autor del pensamiento lo abraza de un plumazo en toda su integridad y presunta infinitud. El infinito del que hablamos aquí es un infinito práctico, como lo es el número de partidas de ajedrez diferentes que se pueden jugar (son del orden de 10^{120}). En rigor el número es finito, pero en la práctica de las partidas que pueden llegar a Iligarse antes de que la humanidad se extinga, podemos llamarle perfectamente infinito. Análogamente, a un poeta que escribe un sublime soneto es difícil convencerle de que su creatividad equivale a elegir un soneto entre los 10^{415} diferentes que son posibles.

Este volumen descomunal de información no impide, sin embargo, que los pensamientos se puedan comunicar. En efecto, los pensamientos pueden

saltar de una mente a otra. Pueden, pero antes hay que convertir el pensamiento en moneda de conocimiento. El recorte es notable, nada menos que de una cantidad presuntamente infinita a otra necesariamente finita. Nos será útil ensayar algunas definiciones.

Conocimiento: es pensamiento simplificado, codificado y empaquetado listo para salir de la mente y capaz de atravesar la realidad para así tener alguna opción de tropezarse con otra mente que lo descodifique. Para pensar basta con una mente, para conocer se necesitan como mínimo dos, aunque ambas mentes, la emisora y la receptora, sean la misma mente. En el caso de que ambas coincidan la diferencia entre pensamiento y conocimiento está en que el pensamiento se mueve solo por dentro (sin salir de la mente) mientras que el conocimiento se intercambia (se emite o se recibe) hacia o desde el exterior (entendiendo por exterior el resto de la realidad del mundo). La primera conclusión tiene un intenso contraste: mientras el pensamiento es un producto íntimo y presuntamente infinito, el conocimiento es un elaborado transmisible y necesariamente finito, enmarcado en el espacio y el tiempo. Una ecuación de la física empieza y acaba, una conjetura matemática ocupa un espacio determinado, una partitura tiene una primera nota y una última, una pintura está limitada en una superficie de dos dimensiones por un marco, una escultura cabe en un paralelepípedo de tres dimensiones, hay novelas de dos mil páginas y novelas de cien, pero todas empiezan con una palabra y acaban con otra.

Quien tiene o ha tenido una mascota en casa sabe perfectamente que un animal piensa porque, por ejemplo, lo ha visto agitarse en sueños. Los animales en general piensan, y quizá piensan mucho, pero conocen poco, quizás incluso muy poco. Los animales se comunican sin dificultad porque para ello no se necesita nada que deba llamarse lenguaje. Sin lenguaje se puede pensar pero no se puede conocer. Los animales tienen memoria, pero solo pueden compartir en sus memorias aquello que han vivido simultáneamente en el espacio y el tiempo. No se puede transferir memoria de una mente a otra sin la ayuda de un lenguaje. Si, pongamos por caso, un chimpancé le da una colleja a su hermanito en ausencia de la madre de ambos, la víctima no tiene manera de reclamar justicia cuando la madre regresa. La escena se ha perdido irremediablemente para todo individuo que

no la haya presenciado en vivo y en directo. Un chimpancé tiene cerebro suficiente para aprender, para combinar ciertos códigos sencillos (por ejemplo: pato como combinación de pájaro y agua) y una memoria notable, pero no tiene suficiente lenguaje para empaquetar pensamientos en conocimientos y para compartir experiencias que distan en el espacio y el tiempo si estas no se han vivido conjuntamente. Ello impide que se puedan comparar dos experiencias distintas, lo que bloquea a su vez el hecho mismo de comprender. Comprender es buscar y encontrar lo común entre lo diferente, por lo que *si no se puede comparar tampoco se puede comprender*. Los animales se comunican entre sí, es cierto, pero lo que salta de una mente a otra es una señal, una alarma, un estado de ánimo, una amenaza… Se transmite una información, pero no conocimiento (pensamiento empaquetado).

Podemos redefinir conocimiento como un pensamiento codificado y empaquetado con la ayuda de cierto lenguaje, un lenguaje compartido por las mentes que intercambian conocimientos. Un lenguaje es un conjunto finito de elementos fundamentales que pueden combinarse para formar paquetes de orden superior, que se codifican a su vez para transmitir conceptos e ideas. Así, las letras (de un abecedario de unas treinta letras) se combinan para formar palabras (de un diccionario de unas ochenta mil palabras), las cuales se combinan entre sí para construir miles de millones de frases diferentes, las cuales se combinan entre sí para dar lugar a un número indefinidamente alto de textos… No hay inconveniente en llamar *texto* a cualquier pensamiento empaquetado y codificado listo para sallar a la realidad del mundo. Las notas musicales, con su frecuencia (tono), duración y timbre son las letras de la música, las pinceladas de color son los píxeles o letras de la pintura, las imágenes son las letras del cinc (existe cine mudo, pero no cine ciego…). Los papiros componen música y consiguen transmitirse informaciones y emociones trascendentes para sus vidas pero no manejan un lenguaje como para transmitirse conocimiento musical.

Un idioma como el español es un lenguaje con unas ochenta y cinco mil palabras en su diccionario, pero, claro, existen más conceptos e ideas que palabras. Por eso necesitamos combinarlas para matizar y afinar un pensamiento en textos de una longitud mayor. De ahí la literatura.

Los tres grandes reinos del conocimiento

En teoría existen solo tres formas puras de conocer la realidad, en la práctica ningún conocimiento es puro

Cuando se clasifica es que ya se dispone de cierta comprensión previa. Con la teoría darwiniana de la evolución se puede dibujar un mapa de los individuos vivos. La tarea la empieza Linneo, la afina Darwin y la pulen, entre otros, Lynn Margulis (1997). Comprender a un ser vivo equivale a clasificarlo sin ambigüedades según un criterio histórico de su emergencia en la naturaleza. Hoy hay un buen consenso para clasificar a los seres vivos en cinco grandes reinos (animales, plantas, hongos, protistas y bacterias), los reinos se dividen a su vez en filos, los filos en clases, las clases en órdenes, los órdenes en familias, las familias en géneros y los géneros en especies, de modo que cada individuo vivo pertenece a una sola especie, un único género, una sola familia… Tú mismo, lector, por ejemplo, compartes con otros muchos individuos el ser también animal, con algunos menos el ser cordado, con muchos menos el ser mamífero, con muy pocos el ser un primate, con unos muy escogidos el ser un homínido, con unos siete mil millones el ser un *Homo sapiens* y absolutamente con nadie más ese ser único que tú llamas Yo, un individuo irrepetible dotado de una mente irrepetible. Y lo mismo se puede decir de todos y cada uno del resto de los individuos vivos únicos e irrepetibles. La tabla periódica de Mendeléiev clasifica perfectamente lodos los elementos químicos de los que está constituida la materia, sus ladrillos. Son átomos que se combinan para constituirse en moléculas; estas en otras estructuras mayores como cristales, rocas, planetas o estrellas… Una casilla vacía en la famosa tabla equivale a un elemento no descubierto, aunque sí anticipado por comprensión.

Llegados a este punto, la pregunta es sencilla de plantear, aunque no lo sea tanto de responder. ¿Se puede hacer algo parecido con el conocimiento humano? ¿Se puede aventurar alguna clase de taxonomía de sus innumerables disciplinas del conocimiento? ¿Se puede conocer el conocimiento? ¿Se puede comprender el conocimiento? ¿Se puede clasificar el conocimiento? El llamado pensamiento interdisciplinario, que todo el mundo recomienda pero que tan pocos practican, tiene con estas preguntas por dónde empezar a trabajar…

Se puede elaborar conocimiento de varias maneras, pero se diría que solo existen tres métodos bien diferenciados. Si se puede argumentar que solo existen esos tres métodos (y ningún otro), entonces cualquier conocimiento de la realidad será una combinación de estos tres. En tal caso, dispondríamos de una propuesta para una concepción del conocimiento en cierto modo equivalente a los reinos del universo de los seres vivos. El conocimiento tendría tres reinos o tres grandes disciplinas iniciales según cuál haya sido el método elegido para elaborarlos. Creo que existen tres grandes métodos a los que corresponden tres grandes formas de conocimiento: lo científico, lo artístico y lo revelado. Hace no poco tiempo (Wagensberg, 1985) propuse esta idea en un breve ensayo, que me propongo actualizar aquí, como puerta de entrada a lo que hoy bien podríamos llamar pensamiento interdisciplinario. Adelantemos algunas preguntas más. ¿Qué es ciencia? ¿Qué es arte? ¿Qué es revelación? ¿Cómo seguirían las sucesivas clasificaciones del conocimiento en el interior de cada una de estas tres grandes formas? ¿Cuál es la estructura disciplinaria del conocimiento? Los momentos más creativos de la humanidad ¿tienen algo que ver con la manera como se ve o se gestiona la interdisciplinariedad?

¿Qué es conocimiento científico?

La ciencia tiende a ser objetiva (o sea, universal),
tiende a ser inteligible (o sea, anticipa la incertidumbre)
y tiende a ser dialéctica (o sea, progresa)

Para avanzar a partir de aquí se necesita retroceder hasta otra pregunta: ¿en qué consiste un método para elaborar conocimiento? Un método, a diferencia de una metodología, no consiste en un protocolo de procedimiento o un manual de uso. Un método funciona más bien como un código penal que recomienda más lo que no hay que hacer que lo que sí hay que hacer. No se trata por lo tanto de un protocolo concreto a seguir sino de señalar ciertos caminos prohibidos, ciertos límites que no deben traspasarse. Un método no es una metodología precisa, es cualquier forma de trabajar compatible con ciertos principios aceptados de antemano.

La confusión entre una particular metodología y un método presuntamente único y universal ha generado en el mundo de la epistemología científica mucho escepticismo en las últimas décadas [Lakatos, 1982; Feyerabend, 1993]. ¿Existe realmente algo que pueda llamarse método científico? Tras más de cuarenta años de hacer ciencia en sus tres grandes vertientes (investigación, docencia y divulgación) he llegado a la conclusión de que la respuesta es afirmativa y que llevo también muchos años intentando ser coherente con tal método tanto en la actividad universitaria como museográfica. Lo que primero fueron meras intuiciones y conversaciones, con el tiempo se convirtieron en declaraciones, conferencias, artículos y diversas aplicaciones a otras actividades científicas y a otras proyecciones hacia otras formas de conocimiento no científicas.

He invertido un año entero en redactar un artículo sobre la existencia y unicidad de un presunto método científico. La revista *Biological Theory*, una publicación del Konrad Lorenz Institute (KLI) de talante interdisciplinario con especial vocación para los temas filosóficos de la evolución y la cognición, acaba de aceptarlo para su publicación en 2014. Para mí ha sido refrescante juntar todas esas intuiciones en un mismo documento [Wagensberg, 2014 en prensa] y en sus conclusiones se basan las páginas que siguen. Con él respondemos a la pregunta de qué es la ciencia y, a partir de esta, reflexionamos sobre cualquier otra forma de conocimiento.

Un método científico que pretenda ser universal y único recomienda respetar estos tres principios: 1) el Principio de Objetividad, 2) el Principio de Inteligibilidad y 3) el Principio Dialéctico. El principio de objetividad pide la mínima influencia del observador en lo observado. El premio es la universalidad del conocimiento obtenido. El principio de inteligibilidad define la capacidad de comprensión que un conocimiento tiene sobre la realidad como lo común entre lo diverso o, si se quiere, como la mínima expresión de lo máximo compartido. El premio en este caso es que el conocimiento obtenido respetando este principio permite anticipar lo que aún no ha ocurrido y que ignoramos por razones obvias y también reconstruir lo que ya ha sucedido pero que ignoramos porque lo hemos olvidado o porque, sencillamente, no estábamos allí. Predecir un eclipse es un ejemplo de lo primero; la arqueología o la geología, un ejemplo de lo segundo. Y, finalmente, el principio dialéctico pide que todo conocimiento científico sea máximamente desmentidle (negable, falsable) por la realidad. Las paradojas de contradicción o de incompletitud entre lo que creemos y lo que vemos estimulan el avance de la ciencia. Si lo que veo contradice lo que creo, o cambio mi manera de creer o cambio mi manera de mirar. El beneficio por respetar el principio dialéctico tampoco es poco: nada menos que el progreso de la ciencia. Ya tenemos una buena propuesta de definición:

Ciencia es todo conocimiento elaborado compatiblemente con los tres principios del método científico. Ya sabemos lo que es ciencia. Pero ¿qué es arte?

Gracias al método descrito, el conocimiento científico proporciona una comprensión objetiva y dialéctica de la realidad. Pero tal método no se aplica con igual fuerza a cualquier pedazo de realidad. Se puede hacer buena ciencia para anticipar una carambola de billar o los productos de una reacción química, pero a medida que la complejidad de la realidad aumenta, cada vez es más difícil ser objetivo, inteligible y dialéctico. Atención, mientras los tres principios se aplican con su máxima intensidad, el conocimiento obtenido se puede nombrar tranquilamente como ciencia. Los tres principios establecen justamente la demarcación entre lo que es científico y lo que no lo es. Basta que uno de los tres principios no se aplique en su grado máximamente posible para que lo obtenido deje de merecer el calificativo de ciencia. Un astrónomo llega más lejos con el método que un psiquiatra, pero si ambos lo apuran hasta el límite, las dos disciplinas son igualmente científicas, aunque el estudioso del cosmos lo tenga mejor en sus predicciones que el estudioso de la mente. Sin embargo, la ciencia no es la única forma de comprender la realidad. Hay otras maneras, es decir, otros métodos para tratar un pensamiento sobre la realidad. Por ejemplo: el arte. Empecemos por comentar lo que no es. Si arrancamos tomando la ciencia como referencia, digamos que el arte puede ser objetivo, pero no necesariamente. La objetividad en el arte es solo una opción, no una obligación. El arte también puede ser inteligible en el mismo sentido de la ciencia, pero no necesariamente. La inteligibilidad entendida como la mínima expresión de lo máximo compartido es en el arte una opción, pero tampoco supone una obligación. Y finalmente, la coherencia (la persecución obsesiva de cualquier tipo de paradoja) es en el arte una de las alternativas posibles, pero no es en absoluto una exigencia para que el conocimiento producido merezca el rango de obra de arte. Si el artista opta por seguir los principios será, sencillamente, un artista cercano a la ciencia, pero es algo que no se exige para que un creador sea considerado un gran artista. ¿Qué es entonces el arte? ¿Todo vale para que la realización de un pensamiento pueda ser considerada una obra de arte?

¿Qué es una obra de arte?

El arte distorsiona la realidad para ampliar una experiencia

A lo largo de la historia, desde la antigua Grecia hasta hoy mismo, se han propuesto muchas definiciones de arte. Algo parecido ha ocurrido también con la ciencia. Arquímedes hacía ciencia más de dos mil años atrás, pero hasta el Renacimiento de Galileo no se asienta un mínimo consenso sobre lo que es ciencia. Definiciones históricas del arte, como por ejemplo *el arte es la expresión de la belleza*, pierden definitivamente su sentido en el siglo pasado. La fealdad también puede servir como soporte de una gran obra de arte. Por otro lado, el particular proceso de elaboración de una obra tampoco parece útil para definir el arte. Duchamp y Warhol supieron convencer a todo el mundo de que un *ready made* o la mera señalización de un pedazo de vida cotidiana también puede merecer ser denominado arte. Es decir, un objeto simplemente seleccionado puede ser una obra de arte una vez que ha sido arrancado de su contexto.

Lo que buscamos es más una definición de *obra de arte* que una definición de *arte*. Acabamos de comentar que la ciencia pretende ser universal respecto de dos cosas: respecto de la mente que la ha producido (lo más independiente posible del sujeto de conocimiento y por lo tanto de su eventual ideología previa) y respecto del objeto de conocimiento (lo más independiente posible de la particular realidad que se pretende comprender, por ejemplo: la física de la caída de un móvil no depende de si lo que cae es una manzana, una pera o una piedra). El arte también aspira a ser universal, pero no se trata de la misma clase de universalidad.

La ciencia tiende a ser general porque su vigencia se aplica en toda un área que abarca un gran pedazo de realidad, cuanto mayor sea este mejor; el

arte tiende a ser local porque la vigencia de una obra de arte se refiere en principio solo a ella misma. Una ecuación que exprese una ley de la física se puede reescribir una y mil veces para explicar circunstancias muy distintas y no por ello deja de ser ciencia. Una ecuación que representa una ley fundamental de la naturaleza no existe en versión original. O mejor dicho, todas son originales, todas son copias… *Las Meninas* son *Las Meninas*, y sus reproducciones o repeticiones no son intercambiables con el original. Una ecuación de una ley fundamental de la física carece de lo que Walter Benjamin llamaría el *aura* cuando se refiere a una obra de arte, su *aquí* y su *ahora*, su (siempre según Benjamin) *autenticidad*. La obra de arte es una pieza auténtica en el sentido de que su autenticidad es aquello que no está presente en ninguna de sus reproducciones posibles. Denominarla pieza *original* en lugar de pieza *auténtica* evita confusiones con otro sentido de la palabra: obra auténtica como obra artísticamente sincera. Según palabras de Benjamin, *todo lo propio de lo auténtico* (de lo *original*, diríamos aquí) *no puede ser reproducido, ya sea tecnológicamente o de cualquier otro modo* [Benjamin, 1936]. Esta afirmación nos da licencia para desviar el proyecto de definir el *arte* hacia el proyecto (algo distinto) de definir la *obra de arte*.

La ciencia es teoría, el arte es experiencia. La gran mayoría de los pensadores tentados por reflexionar sobre el tema de ciencia versus arte toman partido por uno de estos dos extremos: (uno) en lo esencial son la misma cosa; (dos) en lo esencial, no tienen nada que ver. Los que opinan que arte y ciencia son indistinguibles en su esencia llegan a sus conclusiones con mucha prisa y suelen llenar las agendas culturales con montajes superficiales y banales que han irritado seriamente a los que creen en el otro extremo. Curiosamente, los partidarios de la extrema proximidad entre ciencia y arte proceden en su mayoría del mundo del arte. Por otro lado, los que opinan que las diferencias superan con creces a las similitudes alcanzan sus conclusiones «a la contra», es decir, apoyan sus conclusiones más en las irreflexiones de los otros que en las reflexiones propias y proceden, también curiosamente, del mundo de la ciencia. El que más ha trascendido por su esfuerzo en marcar las distancias entre ciencia y arte es mi viejo amigo el físico Jean-Marc Lévy-Leblond con su libro *La Science n'est pas l'art* (2010). Nos conocemos desde hace muchos años y cuando

coincidimos somos conversadores tenaces e infatigables, pero aún no hemos tenido la oportunidad de hablar sobre este tema. Ya estamos intentando encontrarnos para ello. De momento me urge declarar que tan insensato es afirmar que ciencia y arte es lo mismo como sostener que nada tienen que ver la una con el otro. Una cosa es segura: ciencia y arte se nutren mutuamente tanto por sus convergencias como por sus divergencias. La ciencia es algo más fácil de definir que el arte, por lo que me voy a apoyar en la ciencia nada menos que para intentar una definición de arte. Será también un primer fruto de la interdisciplinariedad. Ahora le toca el tumo a una importante convergencia.

Una obra de arte es un pedazo finito de realidad que comprime y enmarca un pensamiento. El hecho de que el arte comprima (reduzca) significa que la inteligibilidad en el arte no está tan lejos de la inteligibilidad en la ciencia. Es la comprensión de *comprender* y también la compresión de *comprimir*. Insistamos aquí en el hecho de que el pensamiento tiene en principio un tamaño indefinidamente grande, mientras que su traducción a una obra de arte es necesariamente finita, con límites bien definidos en el espacio y en el tiempo. Nos acercamos a una definición… ¿Cuándo se puede decir que un pedazo de realidad que comprime (o comprende) un pensamiento es además una obra de arte?

Esta pregunta es crucial en la antesala de una definición sobre el arte. Yo diría que para hablar de una obra de arte tiene que darse lo que bien podríamos llamar un acto artístico. Esto implica la existencia de una segunda mente capaz de descodificar esa obra de arte, obteniendo así algún resto del pensamiento original ocurrido en la mente creadora. Es la consumación del *acto artístico*. Una obra es una obra de arte cuando consuma por lo menos un acto artístico (lo consigue por lo menos con otra mente aunque esa segunda mente sea la suya propia). Cualquier acto artístico ulterior pasa a engrosar el tamaño de la universalidad de la obra.

Obsérvese que la segunda mente, además de existir, debe ser capaz de acceder al mismo lenguaje. Si no lo conoce, debe intuirlo, adivinarlo, aprenderlo, deducirlo, inducirlo… La consumación *del acto artístico* exige la sintonía del lenguaje. Y atención, decir que *una obra es de arte si con ella se consuma un acto artístico* no es un decir circular. Y no es así porque

el acto artístico introduce cambios en la mente receptora. El proceso de gestación, relatado en cinco tiempos, es el siguiente: (1) la obra de arte comprime un pensamiento de la mente emisora (creadora) de arte; (2) atraviesa la realidad en forma de pedazo codificado finito de realidad (para atravesar la realidad se empaqueta como realidad); (3) alcanza la mente receptora de arte y (4) allí es descodificada. Si después de ser descodificada en la mente receptora, se reconstruye algo del pensamiento original de la mente emisora (o si así lo piensa o declara la mente receptora) entonces el acto artístico se ha producido (5) y la obra en cuestión merece ser denominada obra de arte. Quedan pocas dudas sobre eso: no se puede gozar de Beethoven sin ser un poco Beethoven. Los dos protagonistas del acto artístico, el emisor y el receptor, son ambos artistas.

¿En qué consiste la grandeza de una obra de arte? En la gestación que acabamos de sugerir, la experiencia de la realidad se amplía por reducción. Suena a paradoja porque estamos hablando de una reducción induciendo una ampliación. Es la esencia del arte. Lo que en ciencia se consigue con una teoría fundamental y universal (como el electromagnetismo o la evolución biológica) en el arte se consigue con toda obra que merezca la denominación de obra de arte. Solo que la ciencia es de *uno para todos* (donde ese uno se ha excluido voluntariamente a sí mismo de la obra a través del principio de objetividad) y el arte es de *uno para otro* (donde el uno y el otro forman la unidad que experimenta —protagoniza— el acto artístico).

Acabamos de mencionar un singular caso particular que se da cuando la mente creadora de arte y la mente consumidora de arte son la misma mente. Es cuando el artista, imprescindiblemente, experimenta el acto artístico consigo mismo. De aquí surge, por el mismo precio, una definición de la sinceridad de la obra de arte, una definición que, claro, solo puede utilizar la mente emisora de arte cuando se sitúa a sí misma también como mente receptora de la misma obra: solo la mente emisora de arte (o digamos simplemente el artista) puede comparar el pensamiento que se origina por dentro con el pensamiento que le llega por fuera asociado a la obra de arte. La universalidad en el arte es par (mente creadora frente a mente

consumidora) y se mide por el número de parejas de mentes en las cuales tiene lugar el acto artístico.

Hasta aquí, pues, la primera cosa que le debe suceder a un pedazo de conocimiento para que sea una *obra de arte*: la ocurrencia del acto artístico. Si tenemos *acto artístico*, tenemos *obra de arte*, aunque se trate solo de una simple sonrisa. La siguiente cuestión tiene que ver con la intensidad, con la grandeza de una obra de arte. Según nuestra primera aproximación, tan obra de arte es una sonrisa de simpatía como el Concierto para violín en Re mayor, de Beethoven. Pero hay grados. Lo mismo ocurre en ciencia: no tiene la misma grandeza (la misma universalidad, la misma inteligibilidad) la segunda ley de Newton, como uno de los fundamentos de la mecánica, que las leyes de Kepler para el movimiento de los cuerpos celestes o que el módulo de Young para los cuerpos elásticos. De nuevo acudimos a la ciencia para seguir afinando dentro del conocimiento artístico. En ciencia, cuanto más se comprime (de comprimir) más se comprende (de comprender). Es la generalización de la famosa ley de Ockham [Audi, 1995]. Lo que se puede expresar con diez símbolos no se expresa con once. Si dos algoritmos de distinta longitud proveen la misma comprensión del mismo pedazo de realidad y lo hacen con igual mérito, entonces llamaremos verdadero al más corto. La teoría matemática de Chaitin-Kolmogórov [Chaitin, 1975] da un sólido soporte numérico a esta idea crucial.

¿Sirve esta idea en arte? A la espera de que la conversación con Lévy-Leblond se celebre algún día, yo diría que una obra de arte también tiene grados de grandeza artística por mucho más subjetiva que parezca esta forma de conocimiento en relación con la ciencia. Una sonrisa puede ser arte, como lo es el Concierto en Re para violín de Beethoven. ¿En base a qué podemos asegurar que Beethoven tiene un mayor mérito artístico que una sonrisa? Siguiendo el patrón de la inteligibilidad científica, yo diría que la diferencia está en la distancia que separa la sonrisa de la mente que emite la sonrisa de la emoción provocada en la mente que la recibe, comparada con la distancia que separa la complejidad de la partitura de Beethoven de la complejidad de la emoción sentida por el melómano que la escucha. En efecto, oír este concierto mientras se lee su partitura es toda una

experiencia: por un lado la música portentosa y sublime, por otro una escritura musical relativamente simple. La distancia entre el agente evocador y la evocación es gigantesca. De la sonrisa no se puede decir lo mismo porque la sonrisa y su posible consecuencia apenas si son del mismo tamaño… luego podemos decir, aunque solo sea estimando a granel, que el concierto de violín es una obra de arte de mayor grado que una simple sonrisa.

Se trata de una convergencia entre ciencia y arte: nada menos que un mínimo de conocimiento despertando un máximo de pensamiento. Es lo *mínimo evocando lo máximo*, una expresión aforística que tanto sirve para definir el propio género literario de los aforismos como para captar el significado del poema «L' Infinito», de Leopardi, la segunda ley de Newton, *Las Meninas*, de Velázquez, el mecanismo de la selección natural, de Darwin o el sublime Concierto en Re mayor para violín de Ludwig van Beethoven, opus 61.

Nada más oportuno, creo, para ilustrar el tránsito entre pensamiento presuntamente infinito y conocimiento necesariamente finito, es decir, la transformación de una emoción en una obra de arte, la proeza de un gran mínimo evocando un gran máximo, que el mencionado poema que Giacomo Leopardi escribiera en otoño de 1819. ¡Es el gozo artístico del infinito empaquetado en solo quince versos!

Sempre caro mi fu quest'ermo colle,
e questa siepe, che da tanta parte
dell'ultimo orizzonte il guardo esclude.
Ma sedendo e mirando, interminati
spazi di là da quella, e sovrumani
silenzi, e profondissima quiete
io nel pensier mi fingo; ove per poco
il cor non si spaura. E come il vento
odo stormir tra queste piante, io quello
infinito silenzio a questa voce
vo comparando: e mi sovvien l'eterno,
e le morte stagioni, e la presente

e viva, e il suon di lei. Così tra questa
immensità s'annega il pensier mio:
e il naufragar m'è dolce in questo mare.

Ni una sola de las muchas traducciones disponibles puede reemplazar el original. Ofrezco una propia, que es deudora de dos o tres de ellas:

Siempre amé esta colina,
y este seto que tanta parte
del último horizonte a la mirada excluye.
Mirando los interminables espacios de allá a lo lejos,
los silencios sobrehumanos y su profunda quietud,
yo estoy con mis pensamientos, aunque mi corazón no se asusta.
Escucho los susurros del viento detrás de las plantas,
y en el infinito silencio mido mi voz:
y me subyuga lo eterno, y las estaciones muertas,
y el presente real y el sonido de todos ellos.
Así a través de esta inmensidad se ahoga mi pensamiento:
y el naufragar me es dulce en este mar.

El punto clave de este poema, su centro de gravedad, el centro de rotación de toda la escena y de toda la idea está, creo, en la tercera palabra del segundo verso: *«siepe»*. Es el seto cercano que le oculta parte del fin del resto del mundo, es la referencia finita del infinito, es la frontera doméstica y cultural interrumpiendo el horizonte natural lejano y eterno, el límite inmediato que se impone con descaro al límite inabarcable de la soledad de sus pensamientos. Existen muchas traducciones al español de este maravilloso poema pero basta traducir *siepe* por arbusto, cercado, cerco, muro, obstáculo, promontorio (todas esas versiones se han publicado) para pulverizar esta imagen sublime y el poema entero.

Es curioso constatar un tema recurrente de la pintura que parece evocar el mismo pensamiento que Leopardi en este sublime poema. Es la escena de una figura humana, generalmente femenina, mirando por una ventana hacia el horizonte. Edward Hopper, el pintor de la soledad humana, pintó varias

veces la escena. Salvador Dalí pinta a su hermana en 1925 mirando el mar de Cadaqués por la ventana. Feliu Elias pinta la escena con una figura masculina ensimismada… La figura es Leopardi pensando en el infinito, el seto es el marco de la ventana, el horizonte enmarcado es el infinito comprendido en conocimiento… Distintos lenguajes tratan de narrar una misma emoción profundamente enraizada en la condición humana.

Todavía no tenemos una definición de obra de arte, solo dos propiedades exigibles y que podemos compactar en una única expresión: la obra de arte induce la ampliación de una experiencia de la realidad vivida por una mente en otra mente. Toda reducción es una forma de distorsión, por lo que podemos expresar lo dicho hasta aquí siguiendo la misma línea utilizada en el apartado anterior para definir la ciencia:

> *Arte es conocimiento obtenido usando el método del arte, donde el método del arte es cualquier método que respete un único principio: el de la comunicabilidad de pensamientos (incluidos los ininteligibles) que extienden o amplían una experiencia de la realidad*

Decenas de miles de años de declaraciones a lo largo de la historia de *Homo sapiens* garantizan que tales palabras no definen un concepto vacío sino algo que existe y que se experimenta a diario. Platón aventuró la primera teoría del arte al definir lo que hemos llamado distorsión de la realidad, como una *imitación* de la realidad. Estamos de acuerdo, no se puede imitar sin distorsionar, ni viceversa. La clave está en la intención que acompaña a la imitación o a la distorsión de la realidad. La imitación intenta más bien aproximarse, la distorsión intenta más bien alejarse. Aristóteles ahonda algo más en ello clasificando la intención (voluntad) con la que el artista se enfrenta a su trabajo respecto de la realidad. Esta aproximación a la esencia del arte da tres maneras de referirse a la realidad:

1) *el arte se ocupa de lo que la realidad es*,
2) *el arte se ocupa de lo que la realidad parece ser* y
3) *el arte se ocupa de lo que la realidad debe o debería ser*.

Ciertas tendencias de la historia del arte acaso se puedan etiquetar, en efecto, con un vector de tres componentes que se refieran a las intenciones aristotélicas para con la realidad (lo que es, lo que parece, lo que debe ser). Citemos tres ejemplos de la historia de la pintura que todos conservamos en la retina: el realismo del *Ángelus* (1857-1859) de Jean-François Millet se acerca a lo que la realidad es (dijo Gustave Courbet: «Nunca he visto un ángel, muéstrame uno y lo pintaré»); el expresionismo de *El grito* de Edvard Munch (1893) se acerca a lo que la realidad parece (dijo Ernst Ludwig Kirchner: «Un pintor pinta la apariencia de las cosas, no su corrección objetiva; de hecho crea nuevas apariencias de las cosas») y el icono del arte del siglo XX, el *Guernica* (1937) de Pablo Picasso se aproxima a lo que la realidad debe ser, o mucho mejor dicho, a lo que la realidad nunca debe ser (dijo Picasso: «No, la pintura no está hecha para decorar las habitaciones; es un instrumento de guerra ofensivo y defensivo contra el enemigo»).

Aristóteles (384-322 a. C.) fue un gigante del pensamiento pero se perdió un buen pedazo de la historia del arte por nacer demasiado pronto, así que no lo tuvo fácil para acertar con una buena teoría del arte. La primera mitad del siglo XX le hubiera bastado quizá para mejorar su propuesta. La realidad del cubismo de Braque y Picasso, por ejemplo, no parece ser la que es, ni es la que parece ser, ni tampoco parece ser la que debería ser o dejar de ser. Y lo mismo se puede decir del dadaísmo de Duchamp, del expresionismo abstracto de Pollock, del surrealismo de Miró o Dalí o del misticismo de De Chirico. Hoy ocupamos una posición mucho más idónea en la historia para mirar por el espejo retrovisor y para tratar de comprender cuál es la relación entre la realidad y el artista. Para empezar hay que aceptar la complejidad y diversidad extrema de esta relación.

¿Cómo llega la realidad a la mente? Algo despega de la mismísima realidad para acabar aterrizando en la mente. El proceso se inicia en el mundo físico, que apenas cambia a través de las edades del hombre. Es un mundo codificado con toda clase de señales (electromagnéticas, químicas, mecánicas…). Luego entra en una fase propia de la fisiología del *sensorium* (oído, vista, gusto, tacto, olfato…). A continuación se traduce en impulsos

eléctricos que alcanzan el cerebro donde se procesan en compleja interacción mutua. Y finalmente el cerebro combina y codifica toda esa información en un crisol donde interviene la influencia de las experiencias previas en el espacio y el tiempo (la cultura, la memoria…). Es entonces cuando la experiencia sensorial estalla en un complejísimo cóctel de emociones y sensaciones que estimulan al cerebro a reaccionar según una colosal variedad de alternativas entre las que está, ¿por que no?, la de producir una obra de arte (gozo intelectual, ansiedad, angustia, felicidad, euforia, depresión…). En ese caso empieza un proceso que funciona en sentido inverso porque despega de un pensamiento complejo en la mente y aterriza en la realidad en la que se apoya una particular obra de arte (una pintura, una escultura, un texto, una partitura…).

Todo este proceso de ida y vuelta rebosa de oportunidades para la distorsión, distorsión de la realidad durante la ida (formación de un pensamiento), distorsión del conocimiento de la realidad durante la vuelta (creación de una obra de arte). *Distorsión* es quizá la única palabra que podemos mentar con certidumbre dentro de la incertidumbre de la relación realidad/artista. El arte, como toda forma de conocimiento, es una distorsión de la realidad o, si se quiere, una ficción de la realidad. Solo podemos estar seguros de la distorsión misma. Pero para que esta sea arte y no otra cosa (es decir, ciencia o revelación) hay que añadir algo más, un rasgo más propio del arte que de cualquier otra forma de conocimiento.

La realidad enciende un pensamiento en la mente y el pensamiento a su vez despierta un complejo de emociones. Llamemos a este complejo de emociones una *experiencia de la realidad*. Si existe camino de vuelta y esta experiencia de la realidad se plasma finalmente en una obra de arte, es decir, en un conocimiento exportable a otras mentes, entonces no está descartado que la contemplación de la obra de arte incite a su vez a que otras mentes tengan también una experiencia de la realidad como consecuencia. (Ya hemos comentado que no hay inconveniente para que entre tales mentes contempladoras figure la propia mente creadora de la obra en cuestión). Un pedazo de realidad se puede definir entonces como una obra de arte cuando ensancha, amplía, multiplica o difunde una experiencia de la realidad. Esto es: el propio artista puede experimentar esta

ampliación de su experiencia con su propia obra. Quizá sea por eso por lo que el artista proclama su necesidad de hacer arte. Por eso el artista es el primero en saber, ante su propia obra, si lo que tiene delante es o no es una obra de arte.

Así llegamos a un aparente punto de divergencia entre ciencia y arte. La ciencia siempre comprime la *experiencia de la realidad* hasta una esencia justamente llamada incompresible (que no se puede comprimir más) o, si se quiere, y nunca mejor dicho, hasta una esencia incomprensible (que no se puede comprender más). En cambio, lo que hace el arte con la *experiencia de la realidad es* más bien extenderla, divulgarla, difundirla, compartirla, participarla, exportarla. Lo que la ciencia comparte no es la experiencia misma de la realidad sino lo que varias experiencias (cuantas más mejor) tienen en común. El arte comparte cada experiencia individual en particular, cada obra en su unicidad e integridad… con toda su *aura* intacta. En ciencia la experiencia de la realidad o, si se quiere, el experimento que inicia la investigación queda al final de la misma como una mera anécdota. En arte, en cambio, la experiencia de la realidad queda siempre como una esencia original e insustituible. Como ya hemos anunciado, nos vamos a apoyar en la ciencia para ensayar una definición de arte. Eso significa, nada más y nada menos, que de entrada vamos a cometer toda una interdisciplinariedad para tan delicada tarea.

Nuestra reflexión arranca de tres pensadores que han sido muy influyentes en esta misma pretensión de definir el arte: Adorno, Hegel y Gadamer. Theodor Adorno (1903-1969) creía que había que buscar la esencia del arte en su modo de cambiar a través de los tiempos, es decir, en la dinámica de la historia y de las fluctuaciones sociales y culturales [Adorno, 2005]. Sin embargo, esta afirmación casi equivale a renunciar a encontrar algo que se pueda parecer a una definición del concepto arte. Según Adorno, la esencia del arte depende del momento histórico y de su contexto, lo cual no deja de ser inquietante después de que Hegel (1770-1831) proclamara nada menos que la muerte del arte [Hegel, 1989]. Hans-Georg Gadamer (1900-2002), discípulo y seguidor de Heidegger, está en las antípodas de Adorno y cree que una definición de arte debe buscarse según una aproximación muy distinta, incluso contraria, es decir, la esencia del

arte está en aquello que justamente no cambia a través de los siglos [Gadamer, 1977, 1991]. De Gadamer nos interesa más aquí su postura estratégica que las conclusiones a las que llega con ella (el arte definido a través del juego, el símbolo y la fiesta). Para Gadamer *comprender* significa lo mismo que para los científicos: comprender es buscar (y encontrar) la mínima expresión de lo máximo compartido. Su punto de partida también es científico: el secreto del cambio está justamente en aquello que no cambia. En efecto, una ley fundamental de la física sirve para describir, reconstruir o anticipar el cambio que se observa en la realidad, pero la ley, ella misma, no cambia. Es lo menos que se le puede pedir a una ley, es lo menos que se le puede pedir a una definición. (En derecho, ese es el papel de la Constitución o carta magna de un país, proponer leyes que cambian más lentamente que las que se legislan diariamente en el Parlamento). El arte cambia, pero ¿cómo estimar ese cambio si algo del concepto arte no persevera? Análogamente, las unidades con que medimos el paso del tiempo (los segundos, los minutos…) deben ser todas idénticas entre sí ya que, si no fuera así, nunca podríamos estar seguros de medir el cambio de los fenómenos o el cambio implícito en el propio fluir del tiempo. Todo cambio se analiza con alguna otra clase de cambio. El enfoque de Gadamer es el único sensato y aterriza en la pregunta que tantas dificultades tuvo Aristóteles para responder. La pregunta equivalente en ciencia se plantea y responde en similares términos. Hay dos opciones: buscar la esencia de la ciencia más en aquello que no cambia que en aquello que cambia o al revés. La primera opción, con aroma más científico, se acerca a la posición de Karl Popper, que fue físico y más bien filósofo de la ciencia, y corresponde a la posición de Gadamer, mientras que la segunda opción se acerca más al concepto de los paradigmas de Kuhn (que fue físico y más bien historiador de la ciencia) y corresponde más bien a la posición de Adorno.

Volvamos al conocimiento artístico. Si la esencia del cambio está en lo que no cambia, ¿cuál es la esencia del arte que atraviesa su historia de un extremo al otro? Reunamos todos los pedazos de lo comentado hasta ahora y dispondremos de los ingredientes necesarios para intentar una respuesta: experiencia de la realidad, distorsión de la realidad, ampliación de la

experiencia, transmisión de la ampliación, lo que persevera del arte a través de su propia historia… La propuesta suena así:

> *Una obra de arte es un pedazo finito de realidad que distorsiona una experiencia del mundo para encender, en la propia mente o en la ajena, una ampliación de tal experiencia.*

Una obra de arte es una comprensión que induce una expansión. Cortar para crecer. Una poda que persigue la generación de una nueva fronda. En el fondo ciencia y arte no discrepan en esta idea. Ambas formas de conocimiento recortan lo no esencial antes de la exportación. La diferencia está en lo que se considera esencial en uno u otro caso. En ciencia lo esencial es lo que la mente creadora descubre como compartido por varias experiencias de la realidad, en arte lo esencial es lo que la experiencia de la realidad que una mente creadora logra compartir con otras mentes.

Nótese que la definición de obra de arte propuesta más arriba alude a la realidad en tres sentidos diferentes. La primera realidad es la obra de arte en sí misma (un poema, una pintura, una partitura…). La segunda es la realidad como concepto filosófico y científico: es el objeto (exterior) que la mente, como sujeto (interior) desea comprender. Y la tercera realidad es la que experimenta el artista en forma de pensamiento (la emoción de contemplar un paisaje, la experiencia de una ansiedad, una euforia o una depresión o, como diría Nietzsche, una especie de embriaguez…); es la realidad que el artista-autor decide comprimir para hacer viable su exportación a otra mente, la mente del, digamos, artista-receptor. La obra de arte es, pues, una complejidad simplificada habilitada para salir al exterior y tratar así de inducir una ulterior comprensión en otra mente. Cada adepto ganado de este modo engrosa la reserva de universalidad de una obra de arte.

La definición tiene cierta resonancia con Nietzsche. En efecto, la concepción del arte para este pensador no se puede reducir a la imitación platónica de la realidad. El arte, para Nietzsche, surge de la voluntad humana de poder. Heidegger [1961], hablando sobre Nietzsche, diría

incluso que el arte es la máxima manifestación de la voluntad de poder. El arte transforma la realidad, es una creación de la mente, el artista crea algo que antes no existía; el artista solo puede hacer arte en una especie de estado de embriaguez y, cuando contempla su obra, lo que siente es una experiencia nueva de la realidad, una experiencia fisiológica que afecta a todo su cuerpo. Son palabras de Heidegger en su magnífico texto sobre Nietzsche:

> *… el arte es, de acuerdo con el concepto ampliado de artista, el acontecer fundamental de todo ente; el ente es, en la medida que es, algo que se crea a sí mismo, algo creado…*

Simplificando mucho quizá se pueda dividir la historia del arte en tres grandes edades: la Edad de la magia, la Edad del culto y la Edad del arte por el arte. La Edad de la magia corresponde a la creencia de que se puede influir sobre la realidad imitándola. Es así como algunos interpretan las pinturas, dibujos y grabados prehistóricos. Pintando toros y ciervos los humanos creían favorecer su fecundidad y por lo tanto también su propio sustento en forma de carne, piel, grasa y huesos. Raramente se pintaban animales peligrosos y mucho menos aún crónicas de alguna desgracia. De lo primero siempre hay excepciones, como los espléndidos leones de Chauvet en Francia o las conmovedoras escenas de la vida cotidiana de las pinturas en la Serra da Capivara en Piauí (Brasil). ¿Excepciones? Los leones de Chauvet despiertan el gozo intelectual por su belleza natural en cualquier ciudadano sensible del mundo contemporáneo. Si existe esta emoción entre un artista prehistórico y un espectador actual, ¿con qué legitimidad podemos dudar de que lo mismo ocurriera con cualquier espectador coetáneo del artista? Es posible que la intención prioritaria consistiera en que las pinturas fueran vistas por los espíritus, pero eso no es un argumento contra la ocurrencia, ya entonces, del *acto artístico* entre seres de un mismo grupo o de grupos distintos. Es decir: hace casi treinta mil años alguien, ¡que no era alguien cualquiera dentro del grupo!, pintó unos magníficos conjuntos de leones que supusieron, sin duda, una ampliación de la experiencia que suponía observarlos en directo y al

natural, para él mismo y para algunos de sus coetáneos más sensibles. Las pinturas de Piauí en Brasil son conmovedoras por lo cotidiano de algunas escenas. Visité el lugar en el año 2011 y tuve ocasión de conocer a la prehistoriadora franco-brasileña Niède Guidon, que vive *in situ*, donde además ha creado un museo y un centro de investigación. Pocos comparten hoy su pretensión de una antigüedad de más de treinta mil años [Guidon y Delibrias, 1986] pero da igual, aceptemos muchos menos. En cualquier caso, la época corresponde a una especie de paleolítico americano. Lo que más me impresionó fue que las pinturas expresaran sobre todo la alegría de vivir. En todo caso la felicidad que irradian parece más fuerte que la angustia con la que se suele invocar a los poderes mágicos. Más que ceremonias para calmar la ira de los espíritus, las escenas parecen fiestas para compartir los buenos momentos con los familiares y amigos más cercanos. Hay escenas de caza que sin duda intentan imitar la naturaleza que anhelan: penes siempre erectos, armadillos gigantes cazados agarrándolos por la cola… Pero también aparecen niños besándose en la frente y el saludo sincero de quien se alegra de volver a ver a un viejo amigo después de una larga ausencia: «Hombre, tú por aquí», parece exclamar uno de ellos. Es lo que acabamos de denominar ampliación de la experiencia.

El arte de Bizancio era para la gloria de Dios, y el Renacimiento practica aún el arte de culto religioso, pero la ampliación de la experiencia ocurre con el explícito intento renacentista de cantar a la belleza e incluso con la pretensión de perfeccionar la misma realidad. Cuando Velázquez pintó *Las Meninas* todavía no estaba claro para lodo el mundo, por lo menos en España, que un pintor fuera un artista y no un artesano al servicio de la corte. Por eso precisamente la pintura representa al rey acudiendo a su taller para verle trabajar. Es una reivindicación del arte como forma de conocimiento de pleno derecho. A finales del siglo XIX emerge y se reconoce lo que bien podríamos llamar el arte por el arte y es entonces cuando pasa a primer plano lo que, de una manera u otra, siempre había estado presente en la historia: la distorsión de la realidad para ampliar y difundir una experiencia directa o indirecta de la realidad. Es la esencia del arte, como mencionamos en nuestra definición.

Siempre se puede intentar transmitir por vía artística aquello que fracasa por vía científica. Una pasión amorosa, por ejemplo, está muy lejos de comprenderse científicamente (¿cuál es la ecuación matemática de la físico-químico-biológico-psicológico-económico-sociológico-cultural-histórica de mi amor por ti?). En cambio, una voltereta que acaba ofreciendo una flor o un poema obra el milagro científico o, si se quiere, la normalidad artística. Un gesto finito y distorsionado comunica hasta los detalles más sutiles («comprendo lo que sientes, le diría ella a él después de la voltereta, no hace falta que me digas nada más»). Ya tenemos ciencia, ya tenemos arte. Pero todo tiene su límite. Y el arte no es una excepción. ¿Qué ocurre cuando la mente no consigue comprender ni a través de la ciencia ni a través del arte? Aún queda una alternativa, quizá la última: el conocimiento revelado.

¿Qué es conocimiento revelado?

Si no se puede cambiar la creencia, siempre se puede intentar cambiar de creencia

Si la necesidad del arte se puede argumentar en el límite como una consecuencia de la impotencia de la ciencia, la necesidad del conocimiento revelado se puede explicar, también en el límite, como una consecuencia de la impotencia tanto del arte como de la ciencia. ¿Impotencia para qué? Impotencia para comprender, claro. En efecto, queda aún mucho pensamiento que no puede traducirse, reducirse, compactarse, comprenderse y transmitirse mediante la ciencia o el arte. ¿Qué hacer entonces? Aunque las cosas no tienen por que ocurrir por este orden que va de lo simple a lo complejo, la última oportunidad para exportar un pensamiento, después del fracaso de la ciencia y del fracaso del arte, esa es sin duda el conocimiento revelado. El conocimiento revelado es mucho más fácil de definir que la ciencia o el arte. Si un pensamiento no se deja reducir objetiva, inteligible y dialécticamente, si ningún artista consigue elaborar una obra de arte que la haga transmisible a como mínimo olía mente más, entonces siempre podemos asumir un tercer método que exige el cumplimiento de un solo principio:

> *Existe una entidad capaz de transformar un pensamiento en conocimiento y resulta que esa entidad tiene a bien revelar el resallado (que no el método).*

El conocimiento revelado no cambia, se acepta tal como viene. La revelación sencillamente ocurre. La entidad reveladora puede ser una

divinidad, pero también puede ser una convicción, una tradición, una ideología preconcebida y preaceptada, una intuición… la historia de cultura humana también está trufada de convicciones reveladas.

Los tres grandes reinos que cubren todo el conocimiento de la realidad podrían ser perfectamente los tres que acabamos de definir a partir del método empleado para su elaboración: ciencia, arte y revelación. Sin embargo, existe una gran diferencia entre ambos tipos de clasificación (el natural para las especies vivas y el cultural para las disciplinas del conocimiento). Un individuo vivo deja de pertenecer a una clase solo por el hecho de pertenecer a otra del mismo nivel jerárquico. Es decir, una planta, solo por el hecho de ser planta, ya no puede ser hongo o animal y un coleóptero ya ha perdido su oportunidad de ser un díptero. Sin embargo, el mapa del conocimiento, tal como lo hemos introducido, funciona de otra manera. Lo que sigue es quizá la primera conclusión trascendente sobre el pensamiento interdisciplinario.

Empecemos por decir que, tal como hemos definido los tres grandes dominios del conocimiento, a saber, ciencia, arte y revelación, se puede asegurar que ninguna de estas tres formas de conocimiento existe en estado puro o, dicho de otra manera, cada pedazo de conocimiento tiene los tres ingredientes aunque en diferente medida. Por ejemplo, no se puede hacer ciencia valiéndose únicamente del método científico aunque solo sea porque el método sirve para tratar ideas, pero no tanto para capturar ideas. La inspiración (revelación de la propia conciencia y por lo tanto conocimiento revelado) interviene también en cualquier investigación científica, aunque luego se aplique el método con toda su fuerza. Kekulé soñó los anillos hexagonales del benceno antes de demostrar que tal era su estructura. Tampoco se puede hacer una obra de arte sin echar mano de ingredientes científicos o matemáticos. Por ejemplo, el problema de proyectar un volumen de tres dimensiones sobre un lienzo de solo dos dimensiones ya lo conocían los genios de Altamira, pero no se resolvió definitivamente hasta bien entrado el Renacimiento.

Admitámoslo: nada hay más cierto que el hecho de que el mundo sea incierto. Lo más paradójico del conocimiento revelado es que este, de entrada, se blinda contra su propio cambio con conceptos tan brumosos y

resbaladizos como la tradición o la fidelidad a una identidad colectiva. He aquí la paradoja: el ser humano, un animal esencialmente creador, no tiene licencia para cambiar un conocimiento revelado sin expresa licencia de la entidad reveladora. No se puede cambiar la revelación pero sí se puede cambiar de revelación. No se puede corregir la palabra de Dios. En todo caso reinterpretarla. (En rigor llamamos fundamentalismo a toda doctrina que no otorga margen alguno, por pequeño que sea, a la interpretación). Pero tampoco es nada fácil cambiar un credo político. Siempre es más fácil cambiar *de* partido o *de* creencia que cambiar *la* ideología del partido o *la* fe de una creencia. Un individuo siempre es más elástico, tolerante y comprensivo que un colectivo de individuos. El conocimiento revelado más sensible al cambio es el de uno mismo, el de la propia conciencia. Para cambiar la ideología de un solo individuo basta que este lo decida, para cambiar un credo político hace falta por lo menos un congreso extraordinario de todo el partido incluyendo sus fundadores si los hubiere y los nostálgicos, que seguro que no faltan. Cuanta más historia, más inercia y más resistencia.

La religión es sin duda el ejemplo más claro de inmovilidad respecto de los tiempos cambiantes. Su valor fundamental innegociable es nada menos que la fe, es decir, la creencia según la cual la creencia no tiene por qué cambiar, obsérvese lo que se observe en la realidad. Lo más inquietante es que una fe, que por definición no cambia, deba orientar el comportamiento humano en el seno de un mundo cambiante. Al mundo cristiano le ha costado muchos siglos y muchas bajas separar el poder civil del poder religioso. El islam acaba de empezar con esta ilusión en las llamadas primaveras árabes, pero los acontecimientos confirman cada día que este proceso histórico tampoco va a salir gratis. La fe: curiosamente, lo que en el inundo de la ciencia es un vicio imperdonable, en el mundo de la religión resulta ser una virtud admirable. No debe extrañar entonces la emergencia de contradicciones en el territorio regulado por la fe religiosa. Las tormentas interdisciplinarias pueden ser por lo tanto de gran turbulencia. El *espíritu, ele los tiempos*, lo que Hegel llamaba el *Zeitgeist*, cambia continuamente como consecuencia de la creación artística y científica. ¿Cómo se las arregla el conocimiento revelado para perseverar en un

mundo cambiante? Lo dicho: lo intenta con conceptos como la tradición o, una idea mucho mejor, abriendo las puertas del conocimiento al arte y a la ciencia.

¿No podríamos seguir aquí una línea de argumentación similar a la que nos ha conducido a una definición de arte y buscar ahora qué valores han perseverado a lo largo de la historia de las creencias humanas? La interdisciplinariedad de trazo grueso, la que se establece entre ciencia, arte y religión, es la que permite que conceptos como *progreso moral* tengan, a pesar de todo, cierto sentido a través de los tiempos. El arte y la ciencia mueven el *Zeitgeist*, y es este a su vez el que impide el estancamiento completo y absoluto del conocimiento revelado. La trata de esclavos, la liberación de la mujer, el maltrato a los animales e incluso el derecho a la libertad religiosa nunca han hecho especial ilusión a las grandes y más sólidas instituciones cuyas raíces se hunden en lo más profundo de la revelación.

Si también hay que agradecer los avances morales de la historia de la humanidad a la razón, a la ciencia y al arte, ¿qué le queda entonces al conocimiento revelado? Especialmente curioso es el caso de la libertad religiosa, un valor cada vez más unido a la democracia y a los estados de derecho. ¿Cómo es posible que a ninguna religión le haya hecho nunca ilusión luchar por ella? La libertad religiosa solo la reclaman religiones minoritarias sumergidas en grandes poblaciones que practican una religión mayoritaria distinta. Son palabras del papa Juan XXIII, diez días antes de morir, en su discurso del 23 de mayo de 1963 dirigiéndose a los obispos de todo el mundo durante el Concilio Vaticano II:

> *La libertad religiosa debe su origen no a las iglesias, ni a los teólogos, y ni siquiera al derecho natural cristiano, sino al Estado moderno, a los juristas y al derecho racional mundano, en una palabra, al mundo laico.*

Es el espíritu de los tiempos, el *Zeitgeist*, empujado a su vez sobre todo por el arte y la ciencia, el que en todo caso acaba perturbando indirectamente las doctrinas reveladas. Lo revelado tiene un inconveniente

respecto del arte y de la ciencia a la hora de adaptarse a los tiempos que vive. Resulta que la actividad de pensar se refiere a una individualidad llamada mente. La ciencia y el arte no encuentran demasiadas dificultades con esta realidad. Se puede hacer ciencia y arte colectivamente pero el que decide y el que es libre es, puede ser, siempre una individualidad llamada individuo. La cuestión se complica cuando la cohesión de un grupo se basa justamente en creencias compartidas. Es entonces cuando se inventa el término deslealtad o traición. Un ciudadano lo tiene relativamente fácil para cambiar de creencia, pero la tiene él como individuo. Lo que no es nada fácil es cambiar la creencia arrastrando a todo un colectivo.

La pregunta clave ahora es: ¿existe alguna cuarta forma de conocimiento pura e independiente que añadir a la ciencia, el arte o la revelación? O también: dado un conocimiento cualquiera de la realidad, ¿se puede expresar como una combinación ponderada de solo estas tres formas? ¿Es el conocimiento un color que siempre se puede obtener con la adecuada mezcla de los tres colores fundamentales? Según esta metáfora un creador de conocimiento es un pintor que trabaja con una paleta provista tan solo con los tres colores fundamentales.

Se puede intentar convencer de que cualquier conocimiento tiene estos tres ingredientes, y solo estos, mediante la siguiente aproximación. Supongamos que una mente creadora logra transferir a otra mente un pensamiento en forma de comprensión de la realidad. En principio existen dos puntos de partida posibles: uno consiste en arrancar desde lucra (observando directamente el pedazo de realidad) y el otro consiste en arrancar desde dentro (desde una revelación divina o desde la propia conciencia). La segunda produce conocimiento revelado, la primera se bifurca a su vez en dos alternativas. Si la experiencia de la realidad se trata con el máximo de objetividad, inteligibilidad y dialéctica posibles, entonces se trata de ciencia. En cualquier otro caso, se trata de arte. Nos movemos siempre entre unos límites del método que, en la práctica, son siempre inalcanzables por lo que cualquier conocimiento es, necesariamente, un híbrido de las tres formas puras (extremas): ciencia, arte y revelación. Acabamos de definir el arte por defecto (arte es lo que no es ciencia ni revelación). Quizá sea una definición demasiado alegre pero se ve bien

complementada por la definición positiva de arte que aparece en la página 37. En efecto, la definición positiva *(sobre lo que el arte es)* y la definición negativa *(sobre lo que el arte no es)* nos ayuda a enmarcar la esencia del arte, sin duda la forma más escurridiza de las tres.

El talante interdisciplinario es una buena idea, porque el conocimiento es siempre impuro

Cualquier disciplina del conocimiento tiene un color que se puede fabricar combinando el verde, el azul y el rojo, los tres colores primarios de las tres formas fundamentales de conocimiento, o sea: la ciencia, el arte y la revelación

La metáfora cromática del conocimiento parece un hallazgo irresistible y vale la pena apurarla un poco más. No usaremos la paleta de pigmentos de los pintores que consiste en la mezcla sustraed va de colores a partir del fondo blanco del lienzo (el blanco como la superposición de todas las frecuencias de color) sino la mezcla aditiva de colores de la luz directa (la que por ejemplo usa la televisión en color en cada uno de sus puntos que forman sus imágenes) a partir del fondo negro de la pantalla (el negro como ausencia total de color). Esto significa usar la terna de colores primarios: azul, rojo y verde (en lugar del azul, rojo y amarillo), ya que el fondo negro en este caso es mejor metáfora de la ausencia de conocimiento inicial que el fondo blanco (como correspondería partir de la máxima sabiduría posible). Convengamos (es solo un convenio) en que la *ciencia es verde*, que el *arte es azul* y que la *revelación es roja*. De este modo, cualquier disciplina del conocimiento tiene un color que se puede obtener combinando adecuadamente sobre el fondo negro de la ignorancia total, los tres colores primarios verde, azul y rojo, es decir, la dosis de ciencia, arte y revelación de la receta en cuestión.

La metáfora cromática es coherente con la afirmación de que *el conocimiento es siempre impuro* lo que equivale a decir que las tres punieras grandes disciplinas, aquellas que se distinguen por su método, son también impuras en la práctica, lo que implica, por cierto, que la interdisciplina no es una mera recomendación o una buena declaración de intenciones, sino una necesidad imperiosa e insoslayable. Esta interdisciplina también puede denominarse *interdisciplina natural*, la de trazo grueso, la primera con la que se tropieza cualquier mente creadora.

En efecto, cuando se elabora conocimiento no se puede evitar echar mano, en cierta medida, de algo de los tres métodos en alguna de las fases del proceso. El conocimiento es siempre mestizo. Más aún: no existe, creo, un cuarto ingrediente digamos puro para el método. Decir que todo conocimiento se obtiene con una combinación de solo tres grandes métodos es decir mucho, y demostrarlo (además de intuirlo) requiere sin duda todo un proyecto de investigación más intenso y extenso que la aproximación esbozada más arriba. Por ejemplo, la filosofía en general, como disciplina, usa cantidades similares de arte, de ciencia y de las convicciones ideológicas del autor. En el detalle, las disciplinas de la filosofía se distinguen por su particular receta cromática: la ética tira hacia el rojo, la estética azulea, la lógica verdea… La física deja menos margen al arte y a la particular ideología del autor sobre todo si la comparamos con la biología, la sociología o la teología. También se puede asegurar que, para una disciplina científica, a más complejidad más dosis de ideología preconcebida se necesita. La ciencia es una forma de conocimiento que se elabora con el menor ingrediente posible de ideología preconcebida o precocinada, pero ya lo sabemos, *las grietas del conocimiento científico se rellenan con pasta de ideología*. Existen sobre todo dos vicios que tienden a inyectar ideología precocinada en la ciencia. Una de ellas se basa en las distintas formas de antropocentrismo y consiste en situar instintivamente al sujeto del conocimiento en el centro del cosmos. La historia del conocimiento es testigo: cada vez que barremos el Yo del centro del escenario el conocimiento avanza, y avanza solo por ello. La otra tendencia es alguna forma de teleología, es decir, una voluntad oculta que maneja las evoluciones hacia algún fin bien definido y determinado. Si el objeto de

conocimiento contiene mentes humanas, la comprensión que busca el sujeto de conocimiento puede contener algún propósito, desde luego. Pero con la teleología ocurre lo mismo que con el antropocentrismo: el solo hecho de eliminar propósitos más o menos ocultos catapulta el avance del buen conocimiento. El darwinismo es un buen ejemplo de ello, pero dentro de la ciencia misma también se proponen de vez en cuando extraños antropocentrismos y teleologías que confunden por el extraordinario prestigio de sus defensores. El principio antrópico en sus dos versiones, fuerte y débil, es quizás el ejemplo más sorprendente nacido en las entrañas de la física moderna. Según esta falacia un estrecho margen de las condiciones iniciales posibles del universo son las que, sospechosamente, permiten la emergencia posterior de la vida y de la inteligencia (Mosterín, 2013).

Dentro del arte se puede encontrar también una gran diversidad de recetas en la proporción ciencia/arte/revelación si, por ejemplo, fijamos nuestra atención en artistas concretos. Compárese a Borges con Proust, a Picasso con Van Gogh o a Mozart con Bach, con Chopin o con Schönberg. ¿Por qué un científico debería interesarse por la actividad de los artistas? ¿Por qué un artista tiene licencia para no barrer sus creencias bajo la alfombra? Del mismo modo que la ciencia no renuncia a aquello de «solo se puede tener fe en la duda», el creyente tampoco debe renunciar a la razón.

Ahora ya tenemos una respuesta. La interdisciplinariedad en este primer nivel fundamental de las tres grandes formas de conocimiento significa que hay que refrescar aquello por lo que se distinguen. Y queda claro: las tres grandes formas de conocimiento se distinguen por el método. ¿Se puede refrescar el método sin traicionarlo? Se puede, porque se trata de métodos basados en principios, es decir, en tendencias con la mirada fijada en ciertos máximos y, sobre todo, porque son métodos que entran más en lo que no hay que hacer que en lo que hay que hacer. Sus recomendaciones son más de prohibición que de obligación. De ahí el ancho margen de actuación que dejan. En un mundo de prohibiciones queda tiempo y espacio para vivir libremente, de un mundo de obligaciones, en cambio, hay que dimitir rápidamente. La interdisciplinariedad en este nivel fundamental es una tarea que está muy lejos de ser trivial. Valen muchas cosas pero no todo vale.

Ciencia, arte y revelación no son, pues, tres formas de conocimiento que se excluyan entre sí, como ocurre con los reinos de la naturaleza viva; al contrario, se integran, se funden y se combinan para formar las disciplinas impuras, las únicas disciplinas que existen realmente. Ya tenemos los reinos. Las fronteras mutuas entre tales patrias no son nítidas pero están bien definidas. Se pueden tener las tres patrias, de hecho siempre se tienen las tres en mayor o menor grado. Cada disciplina del conocimiento es entonces una materia compuesta por tres patrias. Las *matrias* existen, son reales y son impuras. Las patrias son puras, son abstractas y no existen más que como límite. A uno le pueden exigir que muera por la patria, pero por la *matria* solo tiene sentido vivir.

En la práctica no es posible construir ciencia pura, ni arte puro, ni pura revelación. Arte, ciencia y revelación son referencias puras a las que nos podemos aproximar más o menos. Se puede visualizar el mapa general del conocimiento como un espacio cartesiano cuyos tres ejes son justamente las formas puras (en rigor inexistentes y en la práctica inalcanzables), de modo que cualquier conocimiento particular se representa por puntos de este espacio definido por tres coordenadas. La siguiente cuestión versa sobre cómo clasificar las disciplinas dentro de cada reino. Lo más sensato es apelar a la historia natural de las disciplinas (como la clasificación cladista de las especies vivas) atendiendo a las circunstancias de su emergencia en la cultura. El talante interdisciplinario es posible porque arranca de la existencia previa de las disciplinas. Lo informal necesita de lo formal. Si atendemos a la historia del conocimiento resulta curioso constatar que los criterios son distintos dentro de cada gran forma de conocimiento (reino).

En efecto, las disciplinas científicas (muy próximas al eje de la ciencia) se clasifican bien según sea la naturaleza y complejidad de la materia cuya comprensión anhelan: física, astrofísica, astronomía, química, geología, biología, biofísica, bioquímica, quimicofísica, microbiología, paleontología, etología, economía, psicología, política, sociología… Las disciplinas artísticas (muy próximas al eje del arte) se clasifican espontáneamente según la clase de lenguaje empleado: poesía, pintura, música, escultura, instalaciones, cine… Y las disciplinas reveladas (muy próximas al eje de la revelación) se clasifican bien según cuál sea la entidad reveladora del

conocimiento: una divinidad, la propia conciencia, la propia intuición, la tradición de un colectivo… La ciencia se subdivide sobre todo por la complejidad de sus objetos, el arte se subdivide sobre todo por el lenguaje que emplea y la revelación se subdivide sobre todo por qué o quién revela. He aquí tres fuertes tendencias que nos serán de gran utilidad a la hora de hablar de la interdisciplinariedad entre las tres grandes formas del conocimiento.

Cualquiera de estas tres grandes disciplinas iniciales ocupa una región en el mapa del conocimiento, pero conviene añadir una cuarta dimensión que convierte el mapa del conocimiento en un espacio hipercúbico. La cuarta dimensión no consiste en una cuarta forma de conocimiento a añadir a las otras tres, sino de un convenio acordado previamente, llamado lenguaje, la forma que empleamos para codificar el pensamiento en el momento de convertirlo en conocimiento: un idioma (letras, palabras, frases…), una escritura musical (notas con sus frecuencias, ritmos, armonías, timbres, intensidades…), una matemática (con sus cifras, números, estructuras, sucesiones…), unos píxeles soportados por pinceladas de distintos tamaños, texturas y colores… No todos los lenguajes son igualmente eficaces y eficientes, por lo que también les podemos asignar un eventual parámetro que dé cuenta de ello. La escritura de Bach es más potente que la del canto gregoriano, la pincelada de Van Gogh más que la de un pintor bizantino; la escritura de Borges, más que la de Jules Verne, la matemática de las supercuerdas más que la geometría diferencial de la mecánica clásica y, mal que les pese a los lingüistas, el idioma alemán de la filosofía más que el idioma de supervivencia de los yanomamis (para filosofar, claro; para sobrevivir en la selva la cuestión igual se invierte)…

En definitiva, cada disciplina de conocimiento acaba ocupando una región tridimensional del mapa del conocimiento según sea su componente científico, artístico y revelado. Si añadimos la potencia del lenguaje empleado (por ejemplo, por el grado de transparencia/opacidad del color de la disciplina en cuestión) y representamos cada conocimiento, cada creador, por una nube del color adecuado, entonces obtenemos una ocupación hipercúbica (tetradimensional) en el paisaje del conocimiento. Así se completa la metáfora cromática del conocimiento.

Las claves del talante interdisciplinario: complejidad, método y lenguaje

La ciencia necesariamente progresa;
el arte, aunque no necesariamente, progresa;
y el conocimiento revelado, necesariamente, no progresa

Este ensayo está dedicado a la interdisciplinariedad y quizás haya llegado el momento de volver sobre nuestros pasos hasta la mismísima definición de lo que es una disciplina del conocimiento. Reagrupemos fuerzas. Una disciplina es un pedazo de conocimiento, una forma comunicable de comprender la realidad. Esto implica que una disciplina queda bien definida por tres aspectos de la comprensión:

1) el objeto (cuya comprensión buscamos),
2) el método (que usamos para ganar la comprensión) y
3) el lenguaje (que elegimos para codificar y comunicar la comprensión).

Estos tres aspectos sirven como criterios de demarcación para el concepto disciplina. La definición es clara, pero no es nítida porque cualquiera de los tres criterios mencionados admite a su vez una jerarquizaron más o menos detallada. Por ejemplo, si atendemos al contenido entonces la disciplina puede ser la materia en general, o la materia viva, o los animales, o los insectos, o las hormigas… de modo que solo por este criterio la ciencia recibiría el nombre de algunas de sus disciplinas: biología, zoología, entomología o mirmecología… Si atendemos al método entonces, lo hemos comentado, la disciplina puede ser

la ciencia (más que el arte o el conocimiento revelado), pero dentro de la misma se puede optar por diferentes metodologías como la de buscar teorías (física), estructuras (química), mecanismos (biología), sistemas (economía)… Y si atendemos al lenguaje, entonces la disciplina puede ser el arte que a su vez puede concretarse en el lenguaje propio de la pintura, de la escultura, del cine, de la poesía, de la música… pero, afinando aún más dentro de, por ejemplo, la pintura, el lenguaje puede ser el de la pintura rupestre, del gótico, del Renacimiento, del barroco, del impresionismo, del cubismo, del pop art… Una disciplina está, pues, bien definida por tres elementos: su *contenido*, su *método* y su *lenguaje*.

Contenido, método y lenguaje pueden ser más o menos estables pero cambian con el tiempo y el espacio. Por ello no tiene demasiado sentido hablar de disciplinas puras. Ninguna es lo bastante invariante para constituirse en un patrón de referencia. Solo la tradición (en su versión débil) o el fanatismo (en su versión fuerte) intentan que un conocimiento persevere en un presunto estado de pureza inalterable contra viento y marea. La pureza es una tentación de *tierra adentro* que tiende a disiparse con la brisa que sopla por la tarde desde el litoral. Por todo ello el conocimiento es por definición impuro, promiscuo, multidisciplinario… ¡interdisciplinario!

Dicho de otra manera, la nitidez de las fronteras que enmarcan una disciplina del conocimiento es la nitidez con la que se definen las tres propiedades fundamentales: contenido, método y lenguaje. *Tierra adentro* de una disciplina, lejos de cualquier frontera, se pisa fuerte explorando una realidad concreta con un método y un lenguaje bien asentados. Sin embargo la región fronteriza se nos antoja territorio de riesgo, terreno resbaladizo. El talante interdisciplinario consiste en mirar por encima del horizonte disciplinario en busca de un cambio de complejidad, un cambio de método, un cambio de lenguaje o un cambio combinado de las tres cosas. El conocimiento avanza por las fronteras de sus disciplinas, es decir, por sus costuras.

En síntesis, los reinos o grandes formas de conocimiento se clasifican según sea el método empleado para reducir y empaquetar el pensamiento. Para ello se combinan tres ingredientes distintos posibles: ciencia, arte y

revelación. Si el conocimiento se acerca a la ciencia entonces se subdivide en regiones que se demarcan bien según sea la complejidad de la realidad tratada (física, química, geología, biología, etología, psicología, economía, sociología…). Si el conocimiento se acerca al reino del arte, entonces las regiones tienden a diferenciarse por el lenguaje (pintura, dibujo, escultura, ilustración, música, poesía, danza, novela, diseño, grabado, *collage*, instalaciones conceptuales…). Y si el conocimiento se acerca al reino de la revelación, entonces las regiones tienden a clasificarse por la naturaleza de la entidad reveladora (conciencia, divinidad, tradición, ideología, escuela, intuición…). En general se puede asegurar que:

la ciencia es más bien teoría, el arte es más bien práctica,

mientras que la revelación es sobre todo creencia. La conveniencia de una reflexión como la que proponemos aquí se mide bien por las preguntas nuevas que surgen de ella. Probemos a ver y patrullemos un rato a lo largo de la frontera entre ciencia y arte. ¿Cuál es la buena relación (la relación no trivial) entre ciencia y arte? Digamos que

la grandeza de la ciencia está en que puede comprender sin necesidad de intuir.

En efecto, nadie puede intuir por ejemplo la física cuántica, sencillamente porque no hay observadores cuánticos y nuestro *sensorium* no puede alimentarse de experiencias cuánticas. Sin embargo, los físicos comprenden la cuántica en conceptos tales como la ecuación de Schrödinger, el principio de incertidumbre de Heisenberg o la interpretación de la función de onda de Max Born. Por otro lado, el método del arte es distinto y quizá podamos decir que

la grandeza del arte radica en que puede intuir sin necesidad de comprender,

donde intuir es un roce entre lo observado y lo no observado, un roce entre lo comprendido y lo no comprendido. La pregunta siguiente se

descuelga por sí sola de puro madura: ¿pueden los artistas proveer intuiciones a los científicos, intuiciones de aquello que estos solo alcanzan a comprender o que todavía ni siquiera comprenden? Y la pregunta simétrica: ¿pueden los científicos proveer comprensiones a los artistas, comprensiones de aquello que estos solo alcanzan a intuir o que ni siquiera llegan a intuir? Las respuestas desbordan la extensión de este ensayo, pero no es difícil tratarlas. Leonardo, Dalí, Borges, Escher, Clarke y Picasso son ejemplos indudables de artistas que nutrieron la intuición científica (Wagensberg, 2004). Otras zonas interdisciplinarias prometen una exploración muy sugerente. Sirva de ejemplo el territorio que media entre el arte y el pensamiento político (Benjamin), el pensamiento político y la ciencia (Popper), o el arte y el conocimiento revelado (Kandinski).

La idea de que no existe conocimiento puro ni en cuanto al método (1), ni en cuanto a la complejidad de los contenidos (2) a comprender, ni en cuanto a los lenguajes elegidos (y 3) debería bastar para recomendar el ejercicio de no resistirse al pensamiento interdisciplinario. En efecto: la interdisciplinariedad refresca el método (1), reconoce que la realidad no tiene ninguna culpa de los planes de estudio que proponen academias, escuelas y universidades (2) y abre la mente a un fuego cruzado de lenguajes de todas las potencias y acentos (y 3).

Otra pregunta relevante se refiere al progreso del conocimiento. Está claro que la ciencia progresa por definición, en particular, gracias al principio dialéctico. La ciencia *necesariamente progresa*. También queda claro que el conocimiento revelado *necesariamente no progresa*, porque uno puede cambiar *de* revelación, pero no puede cambiar *la* revelación. La cuestión abierta y apasionante se refiere al arte: ¿progresa el arte? *Quizás el arte progrese, aunque no necesariamente*. Volveremos sobre este tema, pero digamos de momento que la ciencia progresa más bien porque progresan sus contenidos mientras que el arte progresa más bien porque progresa su lenguaje.

Y finalmente: ¿en qué condiciones se optimizan las condiciones que favorecen la creatividad de conocimiento? Un rápido vistazo a la historia del conocimiento destaca por ejemplo dos momentos y dos lugares excepcionales. Son la Florencia del Renacimiento y la Viena de los años

veinte. Si conocer es la mínima expresión de lo máximo compartido, entonces no queda más que atender a los creadores y disciplinas de estos dos casos.

Florencia: Dante y el idioma italiano; Galileo y la ciencia; Vasari y la biografía de creadores, el diseño de interiores…; Leonardo científico, tecnólogo, pintor, escultor; Miguel Ángel, pintor, escultor; Rafael…

Viena: Boltzmann (física estadística), Freud (ciencias de la mente), Wittgenstein (filosofía), Gödel (lógica matemática), Kokoschka (pintura), Schönberg (música), Schrödinger (física cuántica), Popper (epistemología), Lorenz (etología), Mahler (música).

En Florencia y Viena se creó la atmósfera de la gran interdisciplinariedad, de la gran promiscuidad entre métodos, materias e intuiciones. Son lugares y épocas en los que la doctrina regresa y el interés por lo ajeno progresa. En Florencia el espacio mágico puede representarse por la Piazza della Signoria y en Viena quizá fueron las cafeterías con pastel de chocolate Sacher *(Sachertorte)* los espacios que obraron el milagro. Después de todo, quizá sean las cafeterías los espacios más genuinamente universitarios y universales que aún merecen ser frecuentados en las universidades de todo el mundo. El pensamiento es siempre interdisciplinario, por tácita definición, solo queda empeñarse en que lo sea también el conocimiento, por explícita intención.

El pensamiento interdisciplinario es aquel por cuya teoría todo el mundo siente simpatía, pero cuya práctica pocos ejercen. Se reconoce como fecundo pero siempre se va aplazando todo lo posible la proximidad de la frontera. ¿Por qué habríamos de favorecer el pensamiento interdisciplinario si, como parece, requiere más riesgo y más dispendio de energía?

Reconozcamos de entrada que la interdisciplina es posible gracias, claro, a la existencia previa de disciplinas. Sin embargo, la academia tiende a ocupar los difusos y resbaladizos territorios fronterizos con la invención de nuevas disciplinas, es decir, tiende a agravar el problema forzando la emergencia de nuevos conocimientos presuntamente puros, por mucho que estos nazcan con apellidos compuestos tales como biofísica, bioquímica, geofísica, biomatemática, sociobiología, geoquímica, antropopaleontología.

O sea: el vacío de la frontera tiende a rellenarse con nuevas especialidades que llegan con sus propios métodos, sus propios lenguajes y sus propias complejidades. Esta manera de tratar la interdisciplinariedad no hace que las fronteras existentes sean más permeables, sino que las multiplica a ritmo de plaga.

¿Cómo se distingue una disciplina de otra? Esta cuestión recuerda la de las grandes clasificaciones que han triunfado en ciencia: la de las partículas elementales (como elementos que constituyen los átomos), la de los átomos (como ladrillos de la materia según Mendeléiev), la de los individuos vivos (según Linneo, Darwin, Margulis…). ¿Se puede arriesgar también una taxonomía del conocimiento? ¿Se puede dibujar un mapa de las regiones del conocimiento? La teoría matemática de conjuntos ofrece dos clases de relaciones fundamentales para clasificar: las de equivalencia (permiten decidir si dos elementos pertenecen o no a la misma clase) o las de orden (que permiten ordenar cualquier par de elementos). Sin embargo, tales clasificaciones no parecen servir en el caso que nos ocupa porque el conocimiento es necesariamente impuro y mestizo, es decir: el conocimiento es interdisciplinario por naturaleza, por esencia, por definición. No puede no serlo, sencillamente.

Lo hemos señalado al principio: conocimiento es pensamiento transmisible a otras mentes y para elaborar conocimiento a partir de un pensamiento se necesitan tres cosas: un pedazo inteligible de realidad, un método y un lenguaje. El método sirve para reducir algo presuntamente infinito (el pensamiento creado dentro de un intrincado de trillones de neuronas) a algo necesariamente finito (el conocimiento limitado en el tiempo y encuadrado en el espacio) capaz de atravesar la realidad para encontrarse con una mente receptora. El lenguaje se necesita para codificar el pensamiento emisor en conocimiento exportable y para decodificar tal conocimiento en un pensamiento receptor (la partitura en música, las palabras en poesía, los objetos y fenómenos en museología, las ecuaciones en física…).

Curiosamente, las grandes formas de conocimiento se clasifican por el método empleado y son siempre la combinación mestiza de los tres tipos puros (y por lo tanto inexistentes en el límite como formas puras): ciencia,

arte y revelación. Las disciplinas científicas a su vez se clasifican según sea la complejidad de sus contenidos (física, química, biología…). Por otro lado, las disciplinas artísticas se clasifican según el lenguaje empleado (pintura, escultura, literatura, cine, teatro…). Y, finalmente, las disciplinas reveladas se clasifican según sea la entidad que tiene a bien regalarnos el conocimiento (una divinidad, una experiencia mística, la propia conciencia, una tradición…).

Consideremos en primer lugar el arte. Y dentro del arte consideremos, por ejemplo, la pintura. Y dentro de la pintura consideremos, por ejemplo, su evolución a través de los tiempos desde la pintura rupestre hasta nuestros días. ¿Qué es lo que cambia? En arte cambian los contenidos (los temas) y el lenguaje, pero lo que cambia es sobre todo el lenguaje. Sobrevuelo un libro de Susie Hodge [2012] como inspiración para aludir, con pocas palabras, a los distintos lenguajes utilizados para tratar la realidad a lo largo de la historia del arte.

Rupestre (30 000-10 000): la realidad es lo que deseo; egipcio antiguo (3000): lenguaje gráfico para la realidad del más allá; Grecia Clásica (500-300): precisión para una realidad francamente mejorable; Bizancio (300 d. C.-1204): oro para la gloria de Dios; gótico (1140-1500): lenguaje pedagógico para la salvación del alma: Renacimiento pleno (1498-1527): la realidad no tiene la culpa de las disciplinas estancas; manierismo (1520-1600): lenguaje lleno de acentos para una realidad cargada; Barroco (1600-1750): lenguaje teatral contra la Reforma; Romanticismo (1800-1880): la realidad es lo que siento; prerrafaelita (1848-1850): luz, más luz para una realidad marchita; impresionismo (1870-1890): lenguaje pixelado a pincel para una realidad efímera; modernismo (1890-1905): lenguaje sinuoso en nombre de la realidad natural; expresionismo (1890-1934): la realidad es lo que parece en lenguaje grueso; cubismo (1907-1914): la realidad es plana, agítese antes de usarla; futurismo (1909-1916): lenguaje mecánico para la realidad futura; dadaísmo (1916-1922): la realidad es un colosal absurdo; pintura metafísica (1917-1930): lenguaje onírico para bucear en la realidad; surrealismo (1924-1960): la realidad es lo que sueño; expresionismo abstracto (1943-1970): la realidad produce monstruos; Pop Art (1956-1970): la realidad es lo que consumo; minimalismo (1960-1970): lenguaje y

realidad al grito de menos es más; Op Art (1960-1970): la realidad es una ilusión; arte conceptual (1970-1980): libertad total de lenguaje para preguntar una y otra vez qué es el arte; hiperrealismo (1990-2010): la realidad no es bastante real.

Todas las edades creativamente gloriosas de la historia tienen algo en común: su talante interdisciplinario. Los dos ejemplos citados son bien claros: el Renacimiento en Florencia y en Viena a principios del siglo XX. Quizá no se pueda forzar el ambiente propicio a través de una política ministerial, pero sí se puede aumentar la probabilidad de una atmósfera en la que el creador se aficione a olfatear otros métodos, a manejar otros lenguajes y a nutrirse de otras complejidades.

Pensando en positivo digamos que conviene cultivar, mimar y atender los ambientes interdisciplinarios, los ambientes en los cuales salta la chispa de la conversación entre personas que no ignoran lo mismo porque eso es lo que suele ocurrir cuando la conversación arranca entre dos mentes que habitan en lados distintos de la frontera. La conversación dentro de los límites de una disciplina también interesa, naturalmente, pero tal clase de conversaciones profundizan y se complacen más en los acuerdos que en los desacuerdos. La conversación interdisciplinaria, en cambio, abona el campo de la contradicción y la paradoja, que no es otra cosa que el auténtico fundamento del estímulo para adquirir nuevo conocimiento. Últimamente se han puesto de moda las tertulias políticas o culturales en casi todas las cadenas de radio y televisión. En principio se trata de una noticia digna de aplauso. Sin embargo, no es para despellejarse las manos aplaudiendo, porque cada empresa periodística tiende a elegir contertulios que suelen pensar lo mismo o muy parecido y que, claro, suele coincidir con la línea de pensamiento de la empresa en cuestión. Eso significa que el fuego cruzado de ideas es improbable por un defecto de nacimiento. Los debatientes se dan la razón unos a otros y todo tiende a una frustrante, banal y peligrosa sensación de pensamiento único. Me di cuenta un día que saltaba de canal en canal con la secreta e imposible misión de componer imaginariamente nuevas mesas de debate trasladando los analistas de una cadena a la otra. La conversación entre especialistas ahonda el grado de especialización. La

conversación interdisciplinaria ensancha y perfora las fronteras entre disciplinas y enriquece el pensamiento generalista.

Cuando las fronteras interdisciplinarias se hacen impermeables y cada pensador tiende a refugiarse tierra adentro de su disciplina, entonces es síntoma claro de que la disciplina protegida en cuestión es un territorio que ha entrado en zona de plena alarma roja de sequía. En una atmósfera disciplinaria, las ideas circulan vertical mente. Es cuando el rigor científico se confunde con el *rigor mortis*. Es cuando la pureza vela por el aislamiento y eliminación de cualquier presunta impureza. Es cuando la tradición se convierte en prohibición de cambio. Es cuando las personas dejan de ser admiradas por su talento y su esfuerzo y pasan a valorarse por su lealtad hacia las jerarquías superiores. Es cuando la gente empieza a callar y a esconder ideas. Es la señal de que la decadencia imparable del conocimiento ha comenzado. Es posible que este proceso sea inevitable. Todo empieza bien cuando emerge el talante interdisciplinario y todo acaba mal, incluso lo que empieza bien, cuando las disciplinas se protegen o se ignoran las unas a las otras. Casi todos los proyectos nacen y suben interdisciplinariamente y decaen y mueren disciplinariamente. El aspecto positivo del que hablaba consiste en que siempre hay síntomas que avisan, la memoria que reconoce y una mente para indignarse y para reaccionar. El ambiente interdisciplinario es alegre y renovador; el ambiente disciplinario es triste y conservador. Quizá sea el pensamiento interdisciplinario una de las pocas cosas que merece la pena conservar. El conservador de raza solo conserva privilegios, los suyos, claro.

La ciencia progresa sobre todo porque cambia el modo de enfocar el *objeto de comprensión*. Así, la física cuántica nace para atender a objetos pequeños, la relatividad especial para dar cuenta de objetos rápidos, la cosmología para tratar objetos grandes, la biología para explorar los objetos complejos… La ciencia tiene un lenguaje claro que desde Descartes consiste sobre todo en el lenguaje matemático. Los métodos y recursos matemáticos descubiertos en el siglo XVII empujaron a Descartes a decir que la matemática había hecho al hombre *maître et possesseur de la Nature*. Sin embargo, en el progreso de la ciencia deciden más los avances con los contenidos que los avances con el lenguaje. En cambio, el arte trata siempre

de complejidades de la condición humana, así que cuando cambia, es sobre todo porque cambia de lenguaje.

Cada vanguardia se presenta en escena con una propuesta de lenguaje bajo el brazo. El conocimiento revelado tiende a no cambiar o, mejor dicho, cuando cambia es porque cambia de revelación o de entidad reveladora. (Lógicamente, porque una creencia suele incluir la manera de perpetuarse a sí misma. De ahí la relevancia del concepto tradición y su polémico uso como argumento, de ahí la trascendencia de la fe y el dudoso mérito del creador que se la atribuye como virtud). Quizá se pueda afirmar que en ciencia la complejidad de los contenidos tira del lenguaje mientras en arte es el lenguaje el que en todo caso tira de los contenidos.

Pero el talante interdisciplinario se nutre también de sabrosas combinaciones cruzadas de contenidos, métodos y lenguajes. El arte no solo cruza lenguajes con otras disciplinas artísticas, como en el cuadro *Nu descendant un escalier* (1912), de Duchamp y la secuencia de fotografías *Woman Walking Downstairs* (1887), de Muybridge (volveremos sobre este significativo caso de fecundación de lenguaje), sino que importa también complejidades de la ciencia, como en el caso del *Ala de pájaro azul* (1512), de Durero. Y la ciencia tampoco se nutre solo de nuevas complejidades sino también de lenguajes exóticos, como la autosimilitud fractal de Mandelbrot (1975) en el cuadro *Visage de guerre* (1940), de Dalí, según declaración explícita del matemático.

Monodisciplinas, multidisciplinas, interdisciplinas, transdisciplinariedad…

¿Por qué abandonar la tranquilidad de «tierra adentro» y buscarse la vida tan cerca de la frontera?

El término interdisciplinario se puede aplicar a cualquier concepto que tenga algo que ver con la vertiente creadora de la mente humana. Existe pensamiento interdisciplinario, existe conocimiento interdisciplinario, existe método interdisciplinario, talante interdisciplinario, conciencia interdisciplinaria, voluntad interdisciplinaria, existe esfuerzo interdisciplinario, existe la vocación interdisciplinaria… La interdisciplinariedad es sobre todo una actitud, una actitud reconocible claramente en lugares y épocas creativas, mientras que se adivina ausente o bajo sospecha en cualquier otro caso. Atención cuando en un tiempo y lugar resulta que se desconfía del espíritu de la frontera, que está mal visto o bajo sospecha; atención porque suele ser como cuando en un día soleado y tranquilo, el mar se retira de las playas anunciando un tsunami inminente: el tsunami de la mediocridad.

Para que haya interdisciplina primero tiene que existir una frontera que explorar, una frontera que cuestionar, una frontera que transgredir. La interdisciplina ocurre en principio entre dos disciplinas. Es binaria. Todo consiste en cabalgar a lo largo de la línea de la frontera a horcajadas con una pierna colgando de cada lado. Si la disciplina es una superficie de dos dimensiones, la frontera entre dos territorios vecinos es una línea de dimensión uno. Una triple frontera es algo bastante más improbable, un punto de dimensión cero. La multidisciplinariedad no ocurre en fronteras

entre territorios sino en superterritorios que engloban a otros. En la multidisciplinariedad las fronteras son interiores. Siguiendo la metáfora geométrica, la multidisciplinariedad sería un hipervolumen de tres o más dimensiones construido gracias a una buena diversidad de interdisciplinariedades. Uno está tentado de sugerir la secuencia: de las monodisciplinas a la interdisciplina, de las interdisciplinas a la multidisciplina.

Sin embargo, hay que destacar el hecho de que la interdisciplinariedad no aparece solo después de que una o más disciplinas ya se hayan asentado. En realidad el proceso arranca incluso antes del nacimiento de una disciplina porque cualquier intento de comprender en territorio de nadie es ya protointerdisciplinario y protomultidisciplinario. La diferencia es que la protodisciplinariedad no ocurre precisamente a fuerza de transgredir fronteras, que lógicamente aún no existen, sino por todo lo contrario, porque la mente deambula aún por esa tierra de nadie sin dejar de explorar sus propios límites y sus propios horizontes. La fase embrionaria de una disciplina no es adisciplinaria sino difusamente multi e interdisciplinaria. Así avanza la ciencia en particular y el conocimiento en general. Las disciplinas emergen tras ciertos balbuceos protointerdisciplinarios y protomultidisciplinarios creando islas de fronteras impermeables. Luego las disciplinas se funden en interdisciplinas y las interdisciplinas se integran en multidisciplinas. La historia de la física teórica es sin duda el más bello y claro ejemplo de esta manera de crear conocimiento. Antes de Maxwell la física se dividía en disciplinas aparentemente inconexas: la mecánica, la electricidad, el magnetismo, la termodinámica… Maxwell funde la electricidad con el magnetismo y el electromagnetismo con la óptica, todo en una sola disciplina. Años más tarde, en 1905, Einstein hace lo mismo fusionando el electromagnetismo, la termodinámica y la mecánica. Las disciplinas en física emergen localmente, pero luego se buscan para englobarse en otras cada vez más amplias. El gran reto hoy es la llamada teoría de las supercuerdas, que busca englobar dos disciplinas que, hoy por hoy, incluso llegan a contradecirse: la física cuántica y la relatividad general. La física nace pagana, pero con una voluntad invencible hacia el monoteísmo. Estirando la metáfora podríamos decir que crear disciplina es

una actividad más bien natural y que crear la interdisciplina es más bien un reto cultural.

En teoría los investigadores científicos tienden a elogiar la interdisciplinariedad, pero también tienden a resistirse a ella en la práctica. ¿Cuál es el problema? ¿Se trata solo de esquivar riesgos y de economizar esfuerzos? Quizás estemos ante una cuestión más relacionada con el aspecto social de la ciencia o de la manera según la cual se organiza la adquisición de nuevo conocimiento científico. El investigador científico no es una excepción en cuanto a la presión social que soporta para obtener resultados. Al contrario, se le valora por ellos. Con frecuencia el investigador piensa que dedicar tiempo para aprender otras disciplinas afecta, a corto plazo, a su lista de publicaciones y que la probabilidad de error aumenta en territorios que no se dominan del todo. Sin embargo, tales objeciones se compensan con creces con la alta probabilidad de fecundación cuando, simplemente, se rozan dos disciplinas distintas y con la alta probabilidad de que surjan innovaciones en zonas poco trilladas y poco exploradas.

Esta presión social por la excelencia de los resultados puede empujar a algún científico hasta el extremo mismo del fraude, algo especialmente chocante cuando se trata de alguien que dedica su vida a comprender mejor la realidad en la que vive, sea este científico, filósofo o artista. Quizás ocurra menos que en otras ocupaciones, pero ocurre y, justamente por eso, cuando ocurre, ocurre sonadamente. Por un lado está el fraude puro y duro de quien dice que ha hecho lo que no ha hecho. Es el caso inimaginable del físico alemán Schön, que llegó a publicar ochenta artículos en un año en revistas ¡de prestigio! Pero por otro lado está también el uso fraudulento de la interdisciplinariedad.

En efecto, a primera vista entrar en dominios ajenos puede parecer una forma de evitar la competencia directa. Un artista se impresiona por el colega que cita teorías de la física teórica; un psicólogo, por el colega que dice manejar la topología algebraica; un sociólogo, por el colega que muestra estar al corriente de las cuestiones centrales de la gravitación o de la cuántica… Es una tendencia que se escuda en una presunta interdisciplinariedad. El caso Sokal sentó un precedente más que notable

que irritó a unos y satisfizo a otros. En el texto «Jueces y científicos, tras la misma verdad» de la segunda parte de este libro se comenta este petardo, que hizo estallar en mil pedazos una interdisciplinariedad de escaparate y la jugosa polémica que suscitó.

Si utilizamos el término Academia para designar el conjunto de los centros docentes y de investigación (escuelas y universidades), podemos asegurar que la academia es ante todo disciplinaria. El nuevo conocimiento académico suele emerger tierra adentro, lejos de las fronteras y cuando tal nuevo conocimiento alcanza cierta masa crítica entonces la provincia se independiza y dibuja nuevas fronteras y nuevas academias. O sea, la academia se apoya en una disciplina ya existente y no tiende a respirar el aire de sus vecinas hasta que se erige ella misma en una nueva disciplina. La academia sigue la tradición de sus orígenes, es decir de los académicos precedentes que propagan ciertas líneas de pensamiento. El centro de atención de la Academia está en la Teoría. Frente a la Academia tenemos un concepto diferente pero empeñado también en ganar y preservar conocimiento. Es el Museo. El centro de gravedad del Museo (espacio de encuentro con piezas, fenómenos y metáforas de la realidad para la inspiración de las musas), en cambio, no está en una disciplina teórica sino en un pedazo de realidad (un hacha bifaz de *Homo erectus*, una pintura rupestre, un animal disecado o uno vivo nadando aunque cautivo, un fósil de 100 millones de años, una silla modernista, una pintura medieval, una impresionista, una escultura griega, un *ready made*, una reacción química, una carambola de bolas de billar…). No hay ningún pedazo de realidad cuya comprensión dependa de una disciplina pura. Aquí mejor que en ningún otro caso se puede repetir aquello de que la realidad no tiene la culpa de las disciplinas que la Academia haya tenido a bien inventar. Comprender cómo vuela un pájaro no depende de una disciplina que bien podríamos inventar y bautizar ahora mismo (¿pteroaerodinámica?). La comprensión de esa maravillosa capacidad (origen de la envidia más descomunal para cualquier ser vivo condenado a arrastrarse sobre la superficie del planeta) requiere una rica inter y multidisciplinariedad: estática, dinámica, aerodinámica, hidrostática, anatomía, anatomía comparada, fisiología, etología, paleontología, biología, biofísica,

biomecánica, evolución, teoría de las fluctuaciones, caos, termodinámica del equilibrio, termodinámica del no equilibrio, química, geografía, ecología, meteorología, simulación por ordenador… La mencionada y presunta pteroaerodinámica es una rara y exquisita combinación ponderada de todo eso. En la Academia la respuesta de cómo vuela un individuo arrancaría de alguna línea de investigación previa, como la biomecánica. En cambio, en una Institución que busca nuevo conocimiento a partir de un pedazo de realidad (un museo, un jardín zoológico, un acuario…), se diseñaría una investigación genuinamente multi e interdisciplinaria convocando a todo un equipo de expertos variados a formar parte de una misma investigación. En la Academia manda la tradición teórica, en un museo un particular pedazo de realidad. En la Academia reina la disciplina, en el museo reina la interdisciplina. Ambas son necesarias, ambas se complementan y se suplementan. De ahí el trágico error de concebir museos con un modelo académico en mente (¡y viceversa!). Una exposición no debe reducirse nunca a las páginas de un libro enganchadas en la pared (lo que desgraciadamente ocurre en la mayoría de los casos).

Sin embargo, el mayor riesgo de las interdisciplinariedades está, como en cualquier actividad creadora, en la banalidad. En una ocasión se me acercó un compositor encantado consigo mismo por la idea que había tenido: traducir el ADN de una especie viva (de una mosca, de un ratón o de un león) directamente a una partitura. El patrimonio genético es un texto escrito con cuatro bases que a su vez forman nucleótidos, etcétera. Se puede acordar un código que transforme nucleótidos en letras o en palabras. No obstante, a ningún poeta se le ocurriría convertir el ADN de un gusano directamente en un poema. Sería decididamente ininteligible. Sin embargo, el compositor que quiso compartir conmigo su fuerza creadora ya tenía una sinfonía para cada individuo del Arca de Noé. Está claro que, en este caso, todo es banal. Banal (por inexistente) es el pensamiento original que se transforma en música, banal (por arbitraria) es la codificación de nucleótidos en notas musicales y banal (por intrascendente) es la intersección entre el método del arte y el método de la ciencia. No hay nada que corroa más el prestigio de la interdisciplinariedad que la interdisciplinariedad banal. En la frontera es más difícil vivir porque uno ha

de ser políglota, tolerante, tener más filias que fobias y ha de asumir el riesgo del error y del malentendido… ¿Cuál es entonces la esperanza entre tanto riesgo? En lenguaje de Adorno la pregunta sería: ¿cuál es la promesa de felicidad en la frontera?

Volvamos a la esencia de lo que nombramos como *disciplina*. Hemos mencionado más arriba los tres conceptos que distinguen una disciplina de otra: 1) por el método usado para crear conocimiento, 2) por la complejidad de la realidad pensada y cuya comprensión pretende y 3) por el lenguaje elegido para codificar el pensamiento. Aquí está justamente la clave de los posibles beneficios de la interdisciplinariedad, porque los diferentes métodos se refrescan unos a otros, porque la compresión a un lado se funde con la comprensión al otro y porque los lenguajes vecinos se enriquecen y contaminan mutuamente con sus expresiones y acentos. La interdisciplinariedad por método se da, pues, entre las tres grandes formas de conocimiento, esto es, entre la ciencia, el arte y la revelación; la interdisciplinariedad por complejidad es sobre todo la interdisciplinariedad dentro de la ciencia y la interdisciplinariedad de lenguaje es típica de la interdisciplinariedad dentro del arte.

Por lenguaje se entiende aquí lo que tan agudamente sugirió Walter Benjamin [1999]. El pensamiento no se comunica *a través* del lenguaje sino *en* el lenguaje. En palabras propias, para evitar rozar las alusiones de Benjamin a la lengua única y universal del paraíso, yo diría que el pensamiento se codifica en un lenguaje para elaborar conocimiento exportable pero de manera que el lenguaje quede luego integrado en el conocimiento. La lengua se incorpora inseparablemente a lo creado. No hay traducciones inocentes. Es casi imposible traducir sin sumar o restar conocimiento. Eso ya es cierto en el conocimiento científico y en conocimiento revelado, pero lo es sobre todo y muy especialmente en el arte.

Las disciplinas artísticas se distinguen de las disciplinas no artísticas (científicas o reveladas) sobre todo por el método. En cambio, las disciplinas artísticas se distinguen las unas de las otras sobre todo por el lenguaje (impresionismo, expresionismo…). Una disciplina artística no

cambia si no cambia su lenguaje. A Kandinski [1912] le gusta volver una y otra vez sobre esta cuestión:

> *una obra de arte que nace con el lenguaje explorado y ejercitado en otros tiempos es una obra que nace muerta.*

En cambio, nadie hizo un gesto de desaprobación por el hecho de que la gran revolución de la relatividad especial se escribiera con un lenguaje matemático bien conocido y reconocido en la época. Y Kandinski no se refería a la ciencia pero tampoco se refería solo a la pintura sino al arte en general. A un compositor de la época de Schönberg no se le ocurriría echar mano del lenguaje de los cantos gregorianos ni al de la música barroca de Pergolesi. El ridículo en el mundo del arte sería monumental.

La ciencia avanza a veces gracias a los nuevos lenguajes, pero tal cosa no es necesaria ni suficiente. Una disciplina científica se distingue de otra sobre todo por sus contenidos y a nadie le incomoda que disciplinas muy distantes en el tiempo compartan un mismo lenguaje. Vale mucho la pena detenemos en cada uno de estos aspectos: la interdisciplinariedad por método, la interdisciplinariedad por contenido y la interdisciplinariedad por lenguaje. Servirá, además, para desarrollar algunos ejemplos que hasta ahora apenas hemos apuntado.

La interdisciplinariedad por método

Pintar el ombligo de Adán plantea un curioso trilema, una de tres: o contradice la ciencia, o contradice el arte o contradice la revelación

Esta clase de interdisciplinariedad ocurre sobre todo entre las tres grandes formas de conocimiento: arte, ciencia y revelación. Hay que reconocer que nada estimula más para animar a un ciudadano a adquirir nuevo conocimiento como las contradicciones. Pues bien, en el territorio fronterizo donde se encuentran las tres grandes formas de conocimiento (ciencia, arte y revelación) es donde florecen las más jugosas contradicciones. Quizá sea este el mejor argumento en favor del talante interdisciplinario: las grandes formas de conocimiento y todas las disciplinas en general, las grandes y las pequeñas, intentan siempre blindarse contra cualquier clase de paradoja. Por ello no hay que esconder las contradicciones sino buscarlas por su alto valor pedagógico y creativo.

Basta pronunciar las palabras «el ombligo de Adán» para caer en la cuenta de una de ellas. Dios dicta la escena en el Génesis (revelación), Miguel Ángel la pinta en el techo de la Capilla Sixtina (arte) y así aparece Adán luciendo su ombligo, una cicatriz inevitable en todo humano nacido de madre (ciencia).

El encargo es directo de Julio II a Miguel Ángel y quizás el artista llegara a murmurar una consulta al Papa sobre tan fastidioso detalle: ¿lo pinto o no lo pinto? Y lo pintó. Pero la revelación divina no es compatible con su decisión de glorificar la belleza del cuerpo humano. Estamos en pleno Renacimiento, tiempos de sabios interdisciplinarios como Leonardo da Vinci, que fue pintor, escultor, científico, músico, arquitecto, ingeniero,

filósofo, inventor, matemático… ¿Hubiera pintado Leonardo el ombligo? Pues también, probablemente. El mito de Adán y Eva es recurrente en la historia de la pintura y todos apuestan por el ombligo en flagrante contradicción con el Génesis: el renacentista alemán Alberto Durero (1471-1528), el flamenco Hugo van der Goes (1440-1482), el pintor de la escuela veneciana Palma el Viejo (1480-1528), el precursor del barroco y manierista Jacopo Robusti Tintoretto (1518-1594); el holandés Martin van Heemskerck (1498-1574), el español Salvador Viniegra (1862-1915), el francés Claude-Marie Dubufe (1790-1864), el ilustrador de la Biblia (¡!) James Jacques-Joseph Tissot (1836-1902), el colombiano Fernando Botero (1932-)… No hay excepciones significativas: Adán y Eva muestran ostentosamente sus ombligos a través de todas las épocas, culturas y tendencias. (Me aseguran que el misterioso pintor Hieronymus Bosch, el Bosco, pintó a Adán y Eva sin ombligo en su célebre cuadro *El jardín de las delicias*: habrá que acercarse al Prado para comprobar esta excepción).

¿Cuestión banal o relevante paradoja? ¿Merece la pena dedicar un segundo más a este asunto? La discusión entre teólogos se dilata durante siglos, pero los artistas no esperan para tomar partido, ni siquiera esperan a Darwin. La opción de Adán y Eva sin ombligo es inaceptable para el arte porque un cuerpo humano sin ombligo es levemente monstruoso, indigno representante de la humanidad entera. Pero la ausencia de ombligo inquieta también a los teólogos, ¡y por similares razones!: un primer humano sin ombligo evoca la imperfección, un detalle que salpica el prestigio de perfección atribuido al Creador.

La segunda opción es la universalmente adoptada: pintamos el ombligo, vale, pero ¿cómo hacer la vista gorda ante tamaño desafío a la inteligencia? Las justificaciones disponibles son a cuál más hilarante: el primer humano fue creado con ombligo a) como una licencia estética (para no desentonar con el resto de la humanidad), b) para poner a prueba nuestra fe (es lo que piensan algunos creacionistas ante la evidencia del registro fósil, c) para medir nuestro margen de tolerancia frente a lo irracional… Sin embargo, cualquiera de estas alternativas equivale a admitir que el Creador miente o bromea. Por lo tanto, la opción de Adán y Eva provistos de ombligo también es inaceptable desde el punto de vista teológico. Ahora bien, si no

se puede aceptar el ombligo ni se puede aceptar el no ombligo, siempre queda la godeliana alternativa de aceptar su *indecidibilidad*: la presencia del ombligo insinúa su ausencia y la ausencia del ombligo sugiere su presencia. No se trata de que el ombligo no esté ahí sino de que no se vea si está o no está. Esta solución se logra con una postura más o menos forzada del cuerpo o con ramas u hojas que, casual y causalmente, caen sobre la zona donde debería estar el ombligo. Después de todo, tal es el socorrido recurso que usan algunos cursis para ocultar los genitales (a pesar de que en este caso nadie dude de que están allí). Pero esta tercera opción no deja de ser una solución innoble para un noble problema. El arte cumple aquí con la tarea de representar, de modo que representar la no representación también supone una contradicción artística.

En síntesis, la presencia del ombligo de Adán en el arte plantea un singular desafío lógico: no vale A, no vale no A y tampoco vale ni A ni no A. Estamos atrapados: pintar a Adán con ombligo es contradecir la revelación, pintar a Adán sin ombligo es contradecir la ciencia y pintar a Adán con el ombligo oculto es contradecir el arte. El mito de Adán y Eva no logra zafarse, pues, de alguna clase de contradicción y nos obliga a elegir entre contradecir la ciencia, contradecir la revelación o contradecir el arte, engorroso *trilema*. Los artistas han optado por salvar la coherencia de la ciencia y del arte en detrimento de la coherencia de la religión, curiosamente, aunque se diría que con el alivio cómplice y secreto de esta última. Después de todo, el conocimiento revelado nunca ha presumido de coherencia y para eso está el misterio. Sin embargo, sorprende que el arte se haya aferrado a una solución única y que se le hayan pasado los siglos sin ver, en el ombligo de Adán y Eva, una oportunidad impagable para la originalidad, la innovación del lenguaje y la ironía. Como se ve, la interdisciplinariedad también enciende paradojas y, justamente por eso, también inspira, fecunda y estimula la reflexión.

Otro ejemplo de interdisciplinariedad por método está en la obra de Picasso denominada *El toro* (1945-1946) que menciono en un libro anterior [Wagensberg, 2004]. Se trata de una serie de grabados en los que Picasso deconstruye un toro en busca de su esencia. Es un homenaje a lo que significa comprender en ciencia porque está muy clara la pregunta que guía

al artista: ¿qué es lo que tienen en común todos los toros? Es una pregunta genuinamente científica. En la secuencia el pintor va prescindiendo de lo que juzga superfino, para concluir en un dibujo muy simple que parece un icono hecho de un solo trazo. Pero no hay duda: es lo mínimo evocando lo máximo… como en ciencia. Es la mínima expresión de lo máximo compartido, como en ciencia. Es velar por la objetividad, como en ciencia. Es la búsqueda de la inteligibilidad, como en ciencia. Es garantizar la dialéctica continua con la realidad, como en ciencia. No creo que se pueda encontrar una obra de arte en toda la historia que ilustre mejor la esencia del método científico. Además, queda también claro que no se trata de una coincidencia, que la flauta de la ciencia y del arte no han sonado juntas por casualidad. Se trata de una reflexión de Picasso en la frontera entre el arte y la ciencia. Y la prueba está en el uso que hace de este talante interdisciplinario porque existe otro grabado en el que aparece el toro cumpliendo muchas funciones diferentes: el toro pastando, el toro copulando, el toro jugando, el toro embistiendo, el toro durmiendo, el toro corriendo, el toro saltando… pero donde todos los toros se representan ya solo por el diseño final, por el toro esencial. La metáfora entre la progresiva deconstrucción de este toro picassiano resiste la comparación con la progresiva definición de una ley fundamental de la naturaleza. Se puede hacer, por ejemplo, una secuencia paralela de los toros de Picasso con la historia de los progresos científicos en cosmología, es decir, asignar un toro de la secuencia a cada uno de los distintos pensadores que hicieron avanzar la cosmología: Ptolomeo, Copérnico, Kepler, Newton, Einstein…

La interdisciplinariedad por complejidad

Hay una abeja atrapada en el ámbar,
¿puede verla, señor?, ¿me la compra, señor?…

Esta clase de interdisciplinariedad ocurre, como acabamos de apuntar, cuando las disciplinas se diferencian por la complejidad de los objetos que pretenden comprender lo que ocurre a su vez entre las disciplinas que comparten el método científico. Durante los veinte años largos que he dedicado a la museología me he encontrado con frecuencia con un resto o con un rastro fósil que ha sido necesario explicar. En general la ciencia se suele encontrar con dos tipos de retos prácticos: anticipar lo que va a ocurrir y que no sabemos, justamente porque aún no ha ocurrido (un eclipse, una erupción volcánica…), o reconstruir lo que ya ha ocurrido y que no sabemos porque no había nadie para observar o porque lo hemos olvidado (la historia, la arqueología). A este segundo grupo corresponde un episodio que viene bien para ilustrar la clase de interdisciplinariedad que nos ocupa ahora. En los años noventa andaba por las playas de la República Dominicana buceando y recogiendo material para exhibirlo más adelante en una gran exposición sobre unos galeones hundidos en la bahía de Samaná por un huracán en 1724. Mientras descansábamos en la playa después de una inmersión se me acercó un niño con una pieza de ámbar en la mano:

—Tiene una abeja dentro, ¿puede verla, señor?, ¿me la compra, señor?… ¡puede hacer un colgante muy bonito para su esposa!

—¿A ver? Caramba, aún tiene polen en las patas. La gota de tesina la pilló trabajando hace… ¿sabes hace cuánto tiempo?

—Unos veinte millones de años, creo.

—Caramba, chico, ¿y cómo sabes tú eso?

—Es que mi padre es minero de ámbar… y mi tío tiene una tienda… si quiere ver más piezas yo le acompaño…

La imagen de una escena congelada hace unos veinticinco millones de años excitó mis neuronas museológicas, sobre todo por la posibilidad de hacer una exposición, no de la diversidad de insectos, sino de la variedad de comportamientos. Sí: la idea era reconstruir el comportamiento de los insectos a partir de una investigación de los restos y rastros atrapados en el interior de las luminosas piezas de ámbar: una araña cazando una mosca, una mantis religiosa a medio descomponer, unas termitas explosionadas *post mortem* por la liberación violenta de gases de sus intestinos, una escena de amor entre ortópteros con evidente trágico final, una hormiga afeitando a otro insecto antes de comérselo, una araña con ocho ojos mirando a cámara, dos escarabajos peleándose, una hormiga en su vuelo nupcial, y ¡una colonia de hormigas!

La escena, que se puede admirar en CosmoCaixa (Barcelona), recuerda una escena de la tragedia del *Titanic*. Hay una obrera con el gáster levantado avisando con alguna emisión química, como haría una estridente sirena, de que algo terrible ha empezado a ocurrir, una obrera ha agarrado a una larva y se la lleva para ponerla a salvo, otra obrera se lleva un paquete de huevos que se le han caído al suelo, otras obreras se llevan las ninfas… Es realmente el «sálvese quien pueda». La pregunta es: ¿qué ocurrió segundos antes de que la gota de resina se desprendiera sobre esta especie de Pompeya hace más de veinte millones de años? En torno a una pieza de ámbar de apenas un centímetro cuadrado conseguí reunir a dos de los mejores mirmecólogos del mundo, físicos, químicos y matemáticos [Brandao, Urbani y Wagensberg, 1999]. Cualquier pedazo de realidad es de hecho puro terreno mestizo y fronterizo, pura mezcla de disciplinas distintas. La pregunta inicial citada más arriba traía una profunda sospecha bajo el brazo ¿cómo podemos saber si la escena capturada corresponde a una escena real de hormigas o si, por el contrario, no es más que la consecuencia de un artefacto? Es decir, no sabemos si la gota de resina pilló a las hormigas (como lo hubiera hecho una cámara fotográfica) o si hubo un arrastre previo que lo distorsionó todo (como lo haría un río turbulento). Para contestar las preguntas se necesitó más de un año de trabajo

interdisciplinario. En él destacan los esfuerzos internos que se conservan en el ámbar de la época en la que era un líquido viscoso y que se visualizan con la ayuda de luz polarizada. Los paleontólogos mirmecólogos accedieron de este modo a una tecnología de los físicos e ingenieros de materiales. Es, de nuevo, el espíritu de la frontera.

Hoy en día el visitante de CosmoCaixa puede navegar literalmente por el interior de la pieza con la ayuda de un sistema que magnifica la escena y valorar el fruto de la labor interdisciplinaria en una vitrina dispuesta, justo al lado, con decenas de publicaciones científicas y de divulgación que surgieron de esta auténtica fiesta interdisciplinaria. La playa en la que descansaba de un buceo arqueológico era tierra de frontera por donde paseaban comerciantes de ámbar, el museo que expone naufragios, pero también la tafonomía paleontológica es tierra de frontera, y los científicos que accedieron a hacer un paréntesis en su actividad académica para venir a conversar sobre la pieza de ámbar son los indesmayables exploradores de la frontera…

La historia titulada «El megaterio desnudo» explica de qué manera un poco de termodinámica puede acabar con una leyenda que había llegado a los libros de texto, los cómics y los juguetes de peluche. Desde «tierra adentro» de la paleontología se había llegado a la decisión tácita de que un mamífero más pesado que un elefante y más alto que una jirafa podía representarse por una imagen densamente peluda al estilo de la leyenda del Yeti o por analogía con los actuales pequeños perezosos tropicales. La fecundación fisiología-paleontología-termodinámica obliga a representar al megaterio desnudo como un elefante o como un hipopótamo. Es lo que se puede ganar viajando desde «tierra adentro» de la paleontología hasta tierras fronterizas. Obsérvese que en este caso el premio también esta en la interdisciplinariedad entre la ciencia académica (donde la prioridad la tienen las grandes teorías vigentes) y la ciencia de museo (donde la prioridad descansa en una pieza particular, en un pedazo concreto de realidad). El Museo, como hemos visto en el caso de la escena de hormigas capturada en ámbar, una pieza de museo convoca con más frescura a sabios de distinto pelaje que un simposio organizado por una universidad.

Los museos, ya lo hemos mencionado, son instituciones científicas vocacionalmente interdisciplinarias porque en ellos la realidad es prioritaria. Mientras en CosmoCaixa planeaba la concepción de una exposición sobre ciencia y música conocí a Jesús Pujol, un joven médico con un juguete nuevo que explora la actividad cerebral mediante la llamada resonancia magnética funcional. De la conversación inicial surgió una idea que podía arrojar cierta luz sobre lo que más me preocupaba en aquella época: ¿en qué consiste el gozo musical? ¿Podemos mirar dentro del cerebro para obtener algún dato sobre qué partes de este órgano se estimulan con la música? Podemos. La propuesta desde los contenidos museográficos y musicales fue muy concreta. Tomemos a dos personas bien diferentes a la hora de escuchar música. El ciudadano A no escucha nunca música por decisión y voluntad propia; solo escucha música si esta suena por donde él pasa. Es lo que bien podemos llamar un ignorante musical radical. Como contraste buscamos un ciudadano diametralmente opuesto, un profesional, por ejemplo el primer violín de la orquesta de la ciudad que en aquellos días tenía, como se dice en la jerga de los violinistas, la Sinfonía del Nuevo Mundo, de Dvořák «en dedos». El planteamiento de la experiencia era bien simple. Se trata de colocar a ambas personas, el experto y el ignorante, en el tubo de la resonancia magnética funcional para atender luego a la reacción de sus respectivos cerebros ante la misma pieza de música. El resultado fue notable. En el caso del ignorante, solo se iluminó una región del cerebro, aquella en la que se marca la simple audición de un sonido, aunque se trate de un ruido informe. En el caso del experto, en cambio, se iluminaron hasta cuatro puntos distintos que en principio señalaban cuatro actividades diferentes del cerebro ante el mismo estímulo musical. El primero coincidía, el cerebro detecta una señal acústica; el segundo punto reflejaba que el músico estaba anticipando las notas que estaban por llegar (un episodio que probablemente forma parte de la consecución del gozo musical, ese delicado estado intermedio entre lo anticipable y la sorpresa); el tercer punto no podía ser más sutil y refinado, ya que indicaba que el cerebro enviaba órdenes a los músculos aunque estos estuvieran dispensados de obedecer al no tratarse de un concierto real (*vibrato*, golpe de arco, etcétera); pero lo más interesante era sin duda la

iluminación de una cuarta zona; ¿por qué? Porque aún hoy no sabemos lo que significa. La promesa y esperanza de nuevas investigaciones está en marcha. No hace falta añadir demasiado. El cruce de contenidos musicales, museográficos y científicos han abierto toda una nueva línea de investigación que el equipo del profesor Pujol continúa.

La interdisciplinariedad por lenguaje

Filippo Brunelleschi, matemático, arquitecto, escultor y orfebre renacentista, acabó de una vez por todas, y por talento interdisciplinario, con un problema planteado más de quince mil (¡!) años antes

Esta clase de interdisciplinariedad ocurre sobre todo entre las diferentes formas de expresión artística. Es verdad que la ciencia progresa a veces con el lenguaje. En el capítulo «Las claves del talante interdisciplinario» lo hemos ilustrado con algún ejemplo y aquí va alguno más. Newton tuvo que inventarse el cálculo diferencial para formular los fundamentos de la mecánica y Einstein recurrió al lenguaje de los tensores para su relatividad general. Sin embargo, lo que se valora de un avance científico no es tanto el lenguaje que emplea como los nuevos contenidos que es capaz de comprender. A nadie le ofende que para tratar una disciplina científica moderna baste con una aritmética elemental de números naturales. Sin embargo, ningún compositor moderno osaría presentar en solemne estreno una ópera de lenguaje mozartiano. También es cierto que el arte puede cambiar a través de sus contenidos y no solo a través de la innovación de su lenguaje. Sin embargo, hay que reconocer que lo hace mucho menos porque la esencia de la condición humana quizá tampoco cambie tanto. Cristalizamos esta reflexión con un aforismo recién hecho:

> *El espíritu de los tiempos del que habla Hegel* (Zeitgeist) *mueve sin cesar los contenidos y los lenguajes de la ciencia y del arte, pero se diría que en ciencia el contenido tira del*

lenguaje mientras que en arte es más bien el lenguaje el que tira de los contenidos.

Para apreciar cambios importantes de contenido en el arte es necesario dar saltos muy grandes en el tiempo. Según una teoría, hoy discutida, las pinturas rupestres del paleolítico tenían una finalidad mágica. Los animales se grababan, dibujaban o pintaban en las paredes y techos de las grutas con la esperanza de que los vieran los espíritus por si estos tenían a bien influir positivamente en la vida de los artistas y sus familias. Luego, durante un largo período de tiempo que roza el principio del siglo XX el arte se vincula a un ritual religioso. El Renacimiento, con su culto profano de la belleza, propinó sin duda la primera gran sacudida a los contenidos del arte. Así, surge en el siglo XX la noción del arte puro, del *arte por el arte*, del arte desprovisto de cualquier función social o religiosa, una doctrina que Walter Benjamin [1999] atribuye al poeta Mallarmé como primer usuario. Mallarmé es sin duda el antecedente visionario del alud de vanguardias artísticas que estallarían a principios del siglo XX y cuya onda explosiva llega hasta nuestros días.

Pero volvamos al lenguaje. Contenido y lenguaje son dos de los ingredientes fundamentales del conocimiento, pero quizá se pueda decir, simplificando mucho lo comentado hasta ahora, que el arte consiste en la expresión de un mismo gran contenido, la condición humana, con diferentes lenguajes. Antes hemos mencionado un gran ejemplo que conviene desarrollar ahora. Se trata de la obra de Marcel Duchamp conocida como *Nu descendant un escalier* (1912). El propio artista cita como referencia la obra de Eadweard Muybridge, titulada casi de la misma forma como *Woman Walking Downstairs* (1887). (Curiosamente, años después, en una entrevista Duchamp negaría esta evidente influencia y reconocía, en cambio, una mucho menos evidente y mucho más sutil, del francés Étienne-Jules Marey). La idea de crear sensación de movimiento mediante secuencias de fotografías ordenadas en el tiempo es sin duda el nuevo lenguaje. En Francia la aventura fascina a Marey y en Estados Unidos a Eadweard Muybridge. Son tiempos de cambio de lenguaje, nada menos que el salto de la fotografía al cine: dos dimensiones (dando la sensación de

tres) evolucionando según una tercera dimensión llamada tiempo. Pero la fecundación interdisciplinaria entre Duchamp y Muybridge se da cerca de otra frontera, la que une y separa el lenguaje de la pintura con el del lenguaje de la fotografía. Curiosamente, fotografía y pintura compartían además el lenguaje del desnudo que la primera hereda de la segunda. Marey y Muybridge usan todavía el lenguaje del desnudo aunque superpuesto al lenguaje del movimiento. La novedad del lenguaje de Muybridge no está en el uso del desnudo, claro está, sino en un nuevo uso de esa complejidad llamada fotografía. Con ella se puede comprender el movimiento como una sucesión de instantes. La interdisciplinariedad de Muybridge es científica (interior a la ciencia, o sea de la clase de interdisciplinariedad que hemos comentado más arriba) y la fecundación se produce entre la disciplina de la fotografía y la disciplina física de la cinética. Sin embargo, Duchamp abandona la tradición pictórica del desnudo y se queda solo con la novedad del movimiento. Y destaca explícitamente este detalle insistiendo en mencionar la palabra desnudo en el título de su obra (cosa que no necesita Muybridge en la suya), pero ignorando el hecho de la desnudez misma que queda oculta bajo un código flamantemente cubista. La innovación interdisciplinaria de Duchamp eclosiona por fecundación directa entre el cubismo y el movimiento: un nuevo lenguaje pictórico colisionando con un incipiente nuevo lenguaje cinematográfico. Es una interdisciplinariedad de interdisciplinariedades. La interdisciplinariedad es científica en Muybridge y artística en Duchamp. No era difícil hacerse una idea de la trascendencia y diversificación que llegaría a tener este lenguaje durante los cien años siguientes con el cine y con el cómic. Walter Benjamin (1892-1940) dejó constancia escrita, en su iluminador ensayo *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica* [Benjamin, 1936], de la trascendencia de los nuevos lenguajes aportados por la fotografía y el cine haciéndola coincidir nada menos que con el fin del arte y la estética burguesas.

Parece sensato pensar que la innovación de lenguaje es una exigencia (o una consecuencia) de la necesidad de alcanzar nuevas comprensiones. Un lenguaje sirve para codificar un pensamiento, una complejidad. ¿Para qué inventar un nuevo lenguaje si no hay nuevos contenidos que codificar o si a

los nuevos ya les basta con los viejos lenguajes? ¿Es esa la mejor manera de embarcarse en una falsa vanguardia o una vanguardia fallida?

Antes de comentar el sentido o la legitimidad que puede tener una revolución directa del lenguaje, comentemos el proceso inverso en el caso de los saltos que se dan en la evolución de la tecnología. Un salto tecnológico requiere casi siempre una evolución del lenguaje. Solo que los ritmos son muy diferentes. El salto tecnológico arrastra la evolución del lenguaje; pero así como el primero suele ser brusco y rápido, el segundo se toma su tiempo. Se diría que es más fácil y natural revolucionar comprensiones que revolucionar lenguajes. Los primeros receptores de televisión eran muebles con aspecto de grandes aparatos de radio que incluían una pequeña pantalla como novedad radical (nada que ver con las grandes pantallas de plasma sin marco y con toda la electrónica incluida). La novedad en la complejidad de los contenidos inspira la evolución del lenguaje, eso está claro. ¿Y lo contrario? ¿Puede la evolución de un lenguaje provocar la revolución de una comprensión de la realidad? Es bien cierto que muchas meras propuestas de cambio de lenguaje se quedan en eso, es decir, no llegan a trascender porque no llegan a demostrar su eficacia en la transmisión de alguna clase de conocimiento. Es verdad que con demasiada frecuencia un cambio de lenguaje quiere hacerse pasar por una presunta ganancia de nuevo conocimiento. Muchas maneras de escribir literatura o de escribir música han sido justamente incomprendidas en su tiempo, ¡y en los tiempos que siguieron a los suyos! Sin embargo, la historia del conocimiento está bien trufada de ejemplos que ilustran el triunfo final de un nuevo lenguaje que nadie reclamaba ni parecía necesitar. La física y el lenguaje matemático son una buena fuente de ejemplos. En el capítulo «La matemática no es ciencia» de la segunda parte de este libro, se muestra cómo a veces la física necesita un lenguaje que no tiene, por lo que genera la producción de nueva matemática (teoría de las supercuerdas) y a veces es la matemática la que se adelanta con un lenguaje que la física luego se encuentra (Einstein y el tensor de Ricci).

(El origen de ese breve ensayo está en la visita al rector de una importante universidad sobre el contenido de un eventual y futuro musco de la ciencia en la ciudad. A su pregunta: «¿Y no dedica usted ningún ámbito

del museo a la matemática?», mi respuesta fue: «Pues no, ahora que lo dice, la respuesta es no, pero la matemática no es ciencia después de todo…». Su semblante mostró una expresión a medio camino entre la ironía y la autocompasión: «Pues yo soy matemático practicante, de carrera y de profesión y nadie me había insinuado hasta qué punto había malgastado mi vida»…).

Las primeras bicicletas se movían empujando el planeta hacia atrás directamente con los pies en el suelo, por lo que no debe extrañar su aspecto de patinete. Sin embargo el pedal actuando sobre la rueda creó una estética muy singular que todavía hoy nos sorprende cuando las vemos en los museos, o en las fotografías antiguas. Una vez le pregunté al conservador de las bicicletas de un gran museo tecnológico la razón de un diseño tan peligroso y asimétrico (una gigantesca rueda delantera solidaria al sillín del ciclista y una minúscula rueda trasera). ¿Por qué, por qué? Su respuesta fue totalmente inaceptable, porque se encogió de hombros y me soltó: «¡Debía de ser el gusto de la época!». Al poco rato de andar intrigado por aquella sala, descubrí la razón: los pedales actuaban directamente sobre la rueda, esto es, todavía no se había inventado la cadena dentada y el correspondiente factor multiplicador de las ruedas dentadas de distinto radio. De modo que el cálculo es sencillo: una vuelta de los pedales implica una vuelta de la rueda motriz, por lo que el avance de la bicicleta es dos veces el número pi multiplicado por el radio de la rueda. Ahora sí: cuanto mayor es la rueda más se avanza en cada golpe de pedal. Por otro lado, la rueda de atrás debía ser lo más ligera posible para compensar el gran peso de la delantera. Ahora sí. Con los platos y piñones dentados y la cadena, la bicicleta alcanzó rápidamente el lenguaje que se merece y las actuales ya tienen una estética bien estabilizada.

En ocasiones el lenguaje se tropieza con problemas muy difíciles de resolver y puede estancarse durante décadas, siglos, incluso milenios. En general, es muy posible que estos tapones en el progreso del lenguaje ocurran cuando la cuestión a resolver es propia, incluso exclusiva, de una disciplina determinada. En esos casos la brisa fresca del pensamiento interdisciplinario no tiene de dónde ni adónde soplar, lo que bien podría ser una explicación del estancamiento en sí mismo. El ejemplo más notable lo

ha dado sin duda la pintura. La pintura es técnicamente una forma de expresión artística muy singular: nada menos que proyectar un volumen (en general un volumen de tres dimensiones) en una superficie de solo dos dimensiones (en general un plano: el lienzo). Es curioso constatar que para muchos artistas y pensadores del arte (clásicos y modernos) la pintura da más libertad de expresión que la escultura. Extraña paradoja, pues la libertad de expresión aumentaría al reducir la libertad de movimientos en un punto. Es como hablar de la superioridad dimensional de un ave voladora sobre un reptil reptante. ¿Cómo se deshace esta paradoja? Si la ventaja expresiva del lenguaje pictórico sobre el lenguaje escultórico existe realmente es porque el primero ha conseguido superar finalmente una terrible desventaja inicial: la simulación de las tres dimensiones sobre dos dimensiones, es decir, el conjunto de traeos de la perspectiva. En uno de los artículos de la segunda parte de este libro («Sin novedad desde el Renacimiento»), se narra esta historia increíble, esta aventura sin par del conocimiento que culmina con un importante avance del lenguaje pictórico.

La secuencia que propongo para hacer un breve seguimiento histórico de esta cuestión es la siguiente: pintura rupestre en Altamira hace más de trece mil años, grabados en Mesopotamia hace más de cinco mil años, la obra de Giotto di Bondone (1267-1337) en el amanecer del Renacimiento, Filippo Brunelleschi (1377-1446) en pleno Renacimiento, Diego Velázquez (1599-1660) (con atención especial a *Las Meninas*, 1656) y Salvador Dalí (1904-1989) (con atención especialísima a *La Crucifixión o Corpus Hipercubus*, 1954). Está claro que para intuir la solución del problema primero hay que intuir la existencia del problema en cuestión. Los genios que pintaron los techos de la cueva de Altamira conocían perfectamente cuál era el problema y la prueba es que buscaban las protuberancias de la roca para colocar en esa zona la joroba de los bisontes. Pero miles de años después en Mesopotamia aún no se había avanzado nada. Todos los objetos eran planos, la composición era plana y costaba mucho hacerse cargo de la profundidad de las escenas. Giotto intuye la solución pero no la encuentra como lo prueba el hecho de que las líneas de fuga no se cortan limpiamente en el correspondiente punto de fuga. El primero que descubre la llamada perspectiva geométrica parece ser Filippo Brunelleschi… ¡más de quince

milenios para resolver un problema de lenguaje! ¿Cómo es posible? Quizá no se pueda encontrar un caso semejante en la historia de un problema planteado y sin solución durante tanto tiempo. ¿Tan pocos genios nacen a lo largo de ciento cincuenta siglos? La revolución de lenguaje que supuso la emergencia de la geometría proyectiva y su aplicación a la arquitectura necesitaba, sencillamente, de las condiciones ambientales necesarias: las de la interdisciplinariedad. Lo que es improbable es descubrir la perspectiva desde dentro mismo de la pintura, es decir, sin asomar la nariz por otras disciplinas que manejan otro tipo de lenguajes para empaquetar otro tipo de comprensiones. No en vano Filippo Brunelleschi era un consumado matemático, el lenguaje por excelencia de la ciencia, y un arquitecto de formación y profesión, una disciplina con complejidades inevitablemente tridimensionales que necesariamente se proyectan sobre un plano. Brunelleschi habitaba la frontera, una triple frontera entre la matemática, la arquitectura y el lenguaje matemático. Con Velázquez la aventura continúa, porque la representación de las tres dimensiones culmina en un dominio absoluto y sobre todo porque el artista introduce la dimensión del tiempo [Foucault, 1966]. Con ello, la imagen plana que crea la ilusión de volumen se mueve con el tiempo, y Velázquez, sin darse demasiada cuenta, casi inventa el cine. Dalí es sin duda el último artista en aportar algo significativo en un tema que acabará interesando a matemáticos y científicos profesionales. Dalí: otro habitante de la frontera. No podía vivir sin respirar el aire de la ciencia y la matemática y sin conversar con sus actores. Toda la vida estuvo buscándolos para conversar.

Quizá se pueda argumentar que el comentario precedente está sesgado por una visión científica del mundo, que si la solución de la perspectiva geométrica se demoró tanto a lo mejor es solo porque nadie la consideraba necesaria para expresar lo que se quería comunicar durante tantos milenios, que de hecho sí se había descubierto en la Antigüedad para luego caer en el olvido. Después de todo, a nadie le parece un regreso renunciar al realismo para deslizarse hacia el impresionismo o el abstracto… El cubismo, curiosamente, era plano. En efecto, el movimiento aparecido a principios del siglo XX se desplegaba en una superficie bien plana y a nadie se le ocurriría calificar el dato como un regreso en la historia del lenguaje

pictórico, todo lo contrario. Y es que el regreso, tanto en ciencia como en arte, no está en abandonar una solución conocida sino en olvidar que la solución existe. Los cubistas sabían que la perspectiva geométrica no servía a sus inquietudes porque la conocían perfectamente. Los pintores medievales, en cambio, intuían que dominar las tres dimensiones les ayudaría a crear magníficas atmósferas en los templos. Si no lo hacían es porque ignoraban la técnica. En las mencionadas pinturas de Giotto, por ejemplo, se puede observar cómo el artista suspira por proyectar el espacio tridimensional en el lienzo. Y casi lo consigue, Giotto intuye pero no llega a emprender: las líneas de fuga de sus composiciones convergen en una zona difusa de la tela pero no en un nítido punto de fuga. Los lenguajes desconocidos sencillamente se ignoran, no se superan. Olvidar una comprensión es siempre un regreso.

Pero la revolución del lenguaje también puede catapultar una comprensión científica estancada y puesta en evidencia por una contradicción con la realidad. Una de las características de la interdisciplinariedad es que por un lado detecta problemas nuevos insospechados desde «tierra adentro» y, por otro, resuelve problemas antiguos que se arrastran desde hace tiempo. Es típico de la interdisciplinariedad: nuevas respuestas a viejas preguntas y nuevas preguntas en busca de respuesta. En el mismo capítulo de «El megaterio desnudo» se cita uno de los frutos interdisciplinarios más brillantes y espectaculares. Los autores son un físico teórico y dos biólogos. La fecundación interdisciplinaria en este caso acabó con un enigma de más de un siglo. Cuanto más grande es un animal, más dificultad tiene para disipar el excedente de calor que se produce en su interior ya que la superficie que separa el dentro del fuera crece con el cuadrado de la distancia mientras que el volumen interior lo hace con el cubo. El exponente que debería observarse es, pues, un número igual a 2/3. Sin embargo, lo que se observa, desde una musaraña de pocos gramos a una ballena de cien toneladas es un coeficiente próximo a los 3/4. ¿Por qué? La solución se nutrió del más puro espíritu de la frontera, es decir, del más puro espíritu mestizo. Solo había que cambiar una hipótesis de trabajo que se había perpetuado durante más de un siglo. La producción de calor de un animal no tiene lugar

homogéneamente en su volumen interior (hipótesis clásica) sino, muy prioritariamente, en el interior de su sistema circulatorio (nueva hipótesis interdisciplinaria inspirada en el lenguaje de la geometría fractal). La promiscuidad entre la física y la biología, todo ello bien aderezado con la última matemática, es finalmente capaz de arrojar cierta luz sobre un (ya demasiado) antiguo problema. Otra consecuencia del espíritu de la frontera. La idea puede propagarse por analogía. Basta cambiar flujo de sangre por flujo de carga y red circulatoria fractal por red nerviosa fractal (investigación pendiente de ser realizada). La geometría fractal de Benoît Mandelbrot [Mandelbrot, 1987] supone una innovación de lenguaje que no tardó en aportar nuevo conocimiento a las disciplinas más variadas: botánica, zoología, geología, cristalografía, paisajes, meteorología, geografía, economía, arquitectura, urbanismo, sociología…

Capturar una idea, valorar una idea, convencer con una idea

Solo las ideas (que no los resultados) tienen licencia para sobrevolar una frontera sin detenerse ante avisos o advertencias

El espíritu de la frontera aumenta la probabilidad de ocurrencia de tres cosas: capturar una idea nueva, darse cuenta de que tal idea es trascendente y convencer de todo ello a los demás. No cuesta demasiado llegar a esta conclusión. En la interdisciplinariedad por contenido lo que sobrevuela las fronteras lícitamente son las ideas, ideas en bruto, ideas desnudas, ideas sin tratar. Una idea no necesita papeles para cambiar de territorio. Ahora bien, exportar o importar ideas que ya están próximas a resultados, es decir, ideas ya muy elaboradas o tratadas (no digamos ya una teoría final), es un riesgo y uno de los errores más estériles, grotescos y que más dañan la reputación misma del pensamiento interdisciplinario. La idea de una comprensión científica es transdisciplinaria, pero el tratamiento de tal idea no tiene por qué serlo. Cada disciplina puede tener su propia metodología científica (aunque compartan el mismo método científico). La idea de romper piedras de riñón utilizando ondas de choque acústicas procede de la aeronáutica supersónica. ¡La idea, pero no el protocolo! La idea cruza la frontera, pero la particular metodología queda al otro lado (a nadie se le ocurriría atar un paciente de litiasis al morro de un avión supersónico).

En la interdisciplinariedad por método, la idea con licencia para cruzar la frontera es la del propio método, pero las particulares metodologías han de ser validadas y compulsadas en la nueva disciplina. Un pintor, un poeta o un músico tiene derecho a elegir el grado de objetividad, de inteligibilidad y

de dialéctica con la realidad, pero solo como idea. Resultaría superfluo y pretencioso, por ejemplo, aplicar la teoría del error cuadrático medio para legitimar la observación de un paisaje cuyas emociones están por empaquetarse en un poema, una pintura o una sonata.

Y finalmente está el lenguaje. Un lenguaje se contagia fácilmente con los acentos, palabras y expresiones de los lenguajes que funcionan al otro lado de la frontera. Y de nuevo aquí hay que insistir en lo mismo: solo pasan las ideas. Las ideas pueden venir del exterior pero se procesan dentro, es decir, se validan, revalidan y convalidan dentro. El espíritu de la frontera consiste en que una idea siempre tiene derecho a cruzar la frontera, cualquier otra cosa es, de entrada, contrabando.

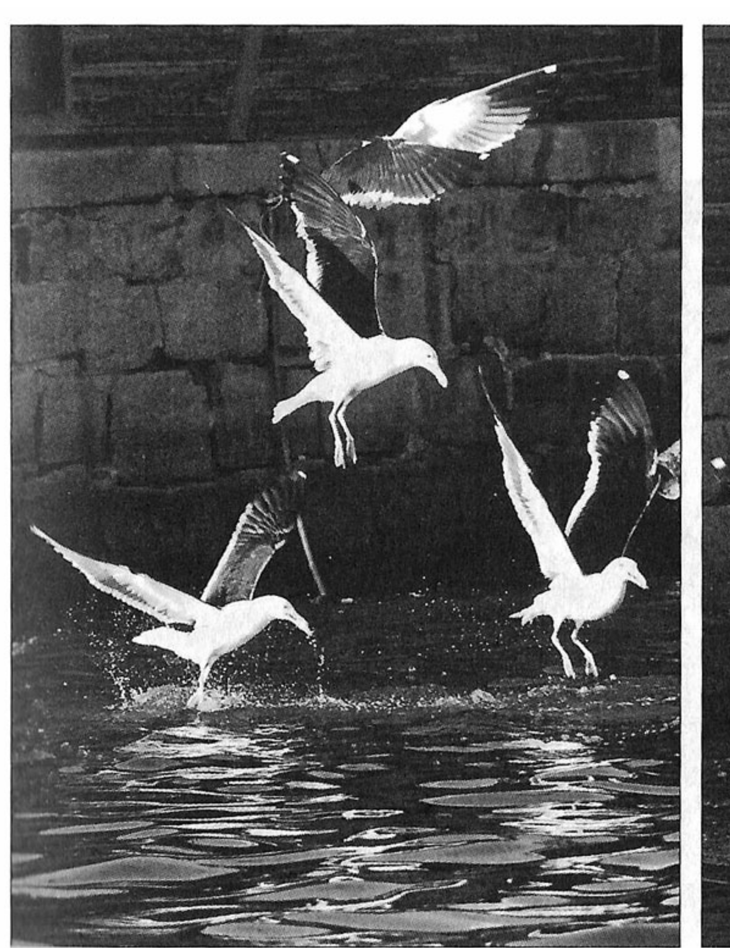
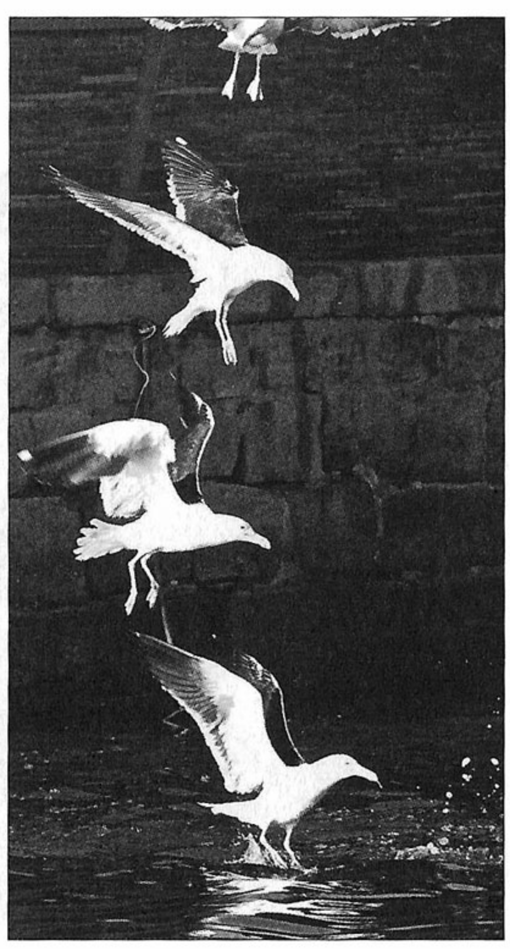
Veamos ahora lo que ocurre con las ideas interdisciplinarias en la vecindad de las fronteras que separan las disciplinas. En el proceso de adquirir nuevo conocimiento científico se pueden distinguir tres fases: el estímulo, la conversación y la comprensión [Wagensberg, en prensa]. El estímulo suele ocurrir a través de una paradoja entre lo que la mente cree (está creyendo) y lo que la mente ve (está viendo) en la realidad. La conversación es el intercambio de información y conocimiento de una mente con otra mente o de una mente con la realidad que desea comprender. Toda buena conversación despega de un estímulo con la esperanza de aterrizar en una comprensión. Y la comprensión es la mínima expresión de un máximo compartido. Sin embargo, el proceso de adquirir nuevo conocimiento es distinto del proceso de crear nuevo conocimiento. El proceso de crear conocimiento es una investigación o exploración que gira en torno del concepto *idea* y en tal proceso se pueden distinguir también tres fases: 1) tener una idea, 2) valorar una idea y 3) convencer con una idea. El capítulo titulado «Con la idea no basta» narra cómo en general no tiene por qué ser el mismo pensador el que tiene la idea, el que se da cuenta de su trascendencia y el que finalmente encuentra la manera de demostrarla y, con ello, de convencer a los demás.

¿De dónde surgen las ideas? Una idea procede de una intuición. ¿Qué es una intuición? Una intuición es un roce entre lo ya vivido y lo que aún queda por vivir, un roce entre lo ya comprendido y lo aún no comprendido, un roce entre lo ya observado y lo aún no observado, un roce entre lo

sentido y lo no sentido. Una cosa parece clara, cuanto más cerca se cabalgue de la frontera más vivencias del otro lado engrosarán nuestra experiencia, nuestros métodos y nuestros lenguajes. En territorio fronterizo la probabilidad de roce simplemente aumenta y, por lo tanto, también crece la probabilidad de recibir una intuición, lo que significa a su vez que el beneficio redundará en las tres fases mencionadas, es decir, más ideas, mejor percepción de su presunta trascendencia y más capacidad para convencer de todo ello a los demás. En la frontera se concentra el fuego cruzado de ideas, en la frontera se ensancha el horizonte panorámico donde las ideas trascienden y en la frontera es donde vive una población más diversa y abierta a la conversación, una situación idónea para seducir y para dejarse seducir.

A lo largo de la historia de la ciencia, el proceso que lleva a una idea desde el eureka inicial hasta su forma más trascendente se ha abortado con frecuencia. Muchas ideas han aterrizado en una mente sin que el propietario de la mente les diera luego la menor oportunidad de trascender. Sencillamente, no se percató de su alcance. En otras ocasiones la tragedia ocurre por incapacidad para seducir a los colegas o por cualquier otra causa directa o indirecta. En la ciencia (y probablemente también en el arte) se pierden, se malogran o se aplazan muchas buenas ideas por un fallo en alguna de las tres fases mencionadas. Pocos creadores son generosos con sus ideas en estado puro y prístino, pocos difunden una buena idea antes de acabar su elaboración, no sea que otro más rápido o afortunado se la apropie y la publique con su nombre… Sin embargo, tal actitud no ayuda a lo que parece más importante, el progreso del conocimiento. La verdad es que lo he propuesto sin éxito en muchas ocasiones. ¿Por qué no inventar, publicar y difundir una revista que se dedique solo a las ideas? Cierto que de esta manera a uno le pueden soplar una buena idea propia pero habría tres grandes ventajas: la propiedad de la idea quedaría reconocida aunque la desarrolle otro (una), de la misma manera que uno exporta ideas dispondría de una vía muy rica para la importación de ideas ajenas (dos) y, sobre todo, la oportunidad de una idea para acabar triunfando se consolidaría en grado sumo (tres). Ganaría la mente creadora, ganaría la creatividad humana, ganaría el conocimiento…

Segunda parte
Delicias interdisciplinarias

Una décima de segundo después se produjo lo improbable.

1
Complejidad



La utilidad precede a la estética, la estética a la mística y la mística a la ciencia.

El Principio de Mediocridad Universal

El Principio de Mediocridad nos invita a romper con un viejo prejuicio: no estamos en el centro de nada

Pensar, lo que se dice pensar, siempre piensa una individualidad. Es la mente, un episodio más de la historia que, en la realidad de este mundo, dura lo que dura: el tiempo que media entre su principio y su final. Desde este minúsculo lapso incrustado en la colosal edad del universo, la mente se interesa por el resto de los sucesos de la historia. El presente de la mente clasifica los sucesos en tres clases: los sucesos que han empezado y ya han acabado, los sucesos que ya han empezado pero aún no han acabado y los sucesos que aún no han empezado.

El presente es una fina línea a través de la cual el pasado engulle al futuro. La ciencia predice con éxito razonable la duración de un fenómeno que ya es historia. Con unos pocos restos y unos pocos rastros se hacen maravillas en geología, paleontología, arqueología o investigación policial. Otra cosa son los sucesos que aún no han empezado: ¿cómo estimar lo que va a durar un suceso si no sabemos bien de qué suceso se trata, ni si va a suceder, ni cuándo? Pero la mente no se desanima. Anticipar el futuro sin datos es quizás el segundo oficio más viejo del mundo. De él viven, unos más deshonestamente que otros, profetas, adivinos, científicos… desde el amanecer mismo de la humanidad. Llegamos así a la familia de sucesos que más nos afectan, nuestros coetáneos, los que ya han empezado pero aún no han terminado. De ellos podemos conocer al menos un dato: el tiempo que llevan rodando por este mundo. Supongamos que no sabemos nada más. ¿Podemos estimar el tiempo que les queda?

La materia existe desde hace 13 500 millones de años; ¿cuánto le queda? La vida se asoma al planeta hace 3500 millones de años ¿cuánto le queda? *Homo sapiens* supera los 200 000 años, ¿cuánto le queda? Cataluña ha cumplido mil años ¿cuánto le queda? Yo ya he gastado 65 años de mi vida, ¿cuánto me queda? El PP gobierna desde hace dos años, ¿cuánto le queda? Un valor en Bolsa lleva subiendo seis semanas seguidas, ¿cuánto le queda?

La peor predicción que podemos hacer es un número comprendido entre cero (acaba ahora mismo) e infinito (no acabará nunca). La gran pregunta ahora es: ¿podemos hacer una predicción mejor? Podemos, sí. Basta aplicar el principio de mediocridad. La mente, cualquier mente, tiende a situarse a sí misma en el centro del espacio y del tiempo. El principio de mediocridad nos invita a romper este prejuicio. La hipótesis equivale a reconocer que no existen observadores de privilegio. En consecuencia, y en ausencia de ulterior información, la mente pensante tampoco es el centro de nada. O sea, cuando observamos un suceso coetáneo, nuestra posición no tiene nada de especial dentro del intervalo que media entre su principio y su final. Calculamos.

Para calcular el tiempo (X) que resta, solo se necesitan dos números: el tiempo transcurrido (P) y la fiabilidad *(f)* con la que queremos hacer la estimación. De la vida total del suceso (P + X) renunciamos a un pequeño tanto por uno (k) de su comienzo y de su final. Con estos mordiscos en los extremos, la probabilidad *f* de acertar con la predicción queda fijada (1 – 2k). Aplicar el principio de mediocridad es asumir que nada tenemos de especial al observar el suceso y, por lo tanto, no nos encontramos ni en el margen del comienzo ni en el margen del final, sino en cualquier instante del segmento restante. Una breve operación (es un sistema de dos simples inecuaciones) permite deducir la elegante fórmula de Richard Gott: el tiempo que resta (X) está comprendido entre dos valores: es menor que su pasado (P) multiplicado por un factor que solo depende de la fiabilidad prefijada (el cociente entre *f* + 1 y *f* – I) y es mayor que su pasado P dividido por ese mismo factor.

En suma, si queremos una fiabilidad perfecta (no equivocamos, *f*= 1), la fórmula no arriesga nada y predice un tiempo futuro entre cero e infinito, o

sea, el suceso acabará entre ahora mismo y nunca. Si fijamos un error seguro (f= 0), la fórmula arriesga el máximo y predice un futuro nulo, el suceso se acaba con solo mirarlo. Pero existen infinitas situaciones intermedias. A más riesgo menos fiabilidad. Elijamos una buena fiabilidad, por ejemplo el 0,95 y atendamos al resultado. El principio de mediocridad anuncia que el tiempo futuro será mayor que el tiempo pasado dividido por 39 y menor que el tiempo pasado multiplicado por 39. Si nos conformamos con una predicción de solo el cincuenta por cierto, entonces el factor multiplicativo es 3. La idea se le ocurrió al astrofísico Richard Gott [2003] mientras visitaba el muro de Berlín con su amigo astrónomo Charles Allen en 1969. El muro había sido construido ocho años antes, así que la predicción fue, con 0,5 de fiabilidad, que el muro duraría más de dos años y ocho meses, pero menos de veinticuatro años. Cuando el muro cayó veinte años más tarde, Gott llamó muy excitado a su amigo y decidió escribir un artículo para *Nature*.

Ahora, con un 0,95 de fiabilidad, respondemos a las preguntas: la materia aún durará más de 346 millones de años, pero menos de medio billón de años. La vida animará el planeta durante 90 millones de años como mínimo, pero no más de 137 000 millones de años. La humanidad resistirá un mínimo de 5100 años, pero se extinguirá antes de 7,8 millones de años (¡lo que ya sucediera, más o menos, con los anteriores homínidos!). Una civilización milenaria tiene asegurado un mínimo de 26 años y un máximo de 39 000. Yo pienso aprovechar el año y cinco meses de vida que me garantiza el principio de mediocridad, celebraré cualquier ulterior propina y me conformo con ese tope máximo de 2106 años. El PP continuará gobernando un mínimo de 72 días, pero no conseguirá superar los tres siglos. Podemos arriesgar más si nos conformamos con un 50 por ciento en la predicción. En ese caso el PP seguirá un mínimo de dos años y medio pero sin sobrepasar nunca los veinticuatro años. Si unas acciones en Bolsa llevan subiendo seis semanas, aún se puede aguantar un día más sin vender, pero sería, al 95 por ciento temerario, esperar a que sigan subiendo después de 54 años. Con el 50 por ciento de error, en cambio, la predicción es más inmediata: las acciones subirán un mínimo de dos semanas más, pero nunca más de dieciocho.

El principio de la mediocridad funciona. Gott prefiere denominarlo principio de Copérnico en honor del científico que rompiera con el prejuicio de que la Tierra está en el centro del universo y diera paso con ello a la revolución newtoniana. El principio de mediocridad premia a sus usuarios. Aplicarlo no es precisamente un gesto intuitivo, pero quizás amague detrás de todas las grandes revoluciones. Moisés: todos los hombres son iguales ante Dios (aunque algunos sean los elegidos). Grecia: todos los ciudadanos son iguales ante la ley (aunque no todo humano sea un ciudadano). La Revolución norteamericana y la Revolución francesa: todos los seres humanos son creados iguales y libres (aunque no se lo parezca a los esclavos y a las mujeres). Marx: ningún ser humano es especial respecto de los medios de producción (aunque la ilusión sea tenaz). Darwin: el ser humano no ocupa un lugar central en la evolución de los seres vivos, es solo una especie más (a pesar de lo que aún dicen nuestras tradiciones). Einstein: una ley de la naturaleza no puede depender de las particulares condiciones del observador… El principio de mediocridad es un principio saludable y agradecido. Solo hay que acordarse de él y, de un salto, quitarse de en medio. Igual cae un pedazo de nuevo conocimiento.

La eternidad no tiene futuro

¿Quién ha dicho que envejecer sea inevitable?

Hay una cuestión que nos incomoda, como individuos y como especie, desde que accedimos a la autoconciencia. ¿Qué significa envejecer? ¿Es realmente inevitable? ¿Existe alguna ley fundamental de la naturaleza que obligue a envejecer y a morir? ¿Es la muerte un mero incidente de la evolución? ¿Quién se beneficia de mi humillante decrepitud? Muchos son los que confían en la eternidad, en el más allá. Vale. Pero ¿podemos soñar también con una eternidad teórica en la realidad física del más aquí?

Tratemos primero de observar. (1) Durante miles de millones de años solo existieron bacterias y, como se sabe, una bacteria se convierte ella misma en dos hijas idénticas. Una bacteria puede morir por un accidente, pero su muerte no es necesaria. De hecho, por cada bacteria que vive en la actualidad (¡y son muchas!) existe una línea de miles de millones de años totalmente exenta de cadáveres. Cada veinte minutos, más o menos, la identidad materna es sustituida por otras dos idénticas. ¿Idénticas? En rigor, un objeto solo es idéntico a sí mismo. Es lo mismo, pero no es igual. El individuo no muere pero algo cambia (muchos se conformarían con eso). (2) El envejecimiento imparable y la muerte necesaria aparecen en escena con la reproducción sexual. Dos progenitores engendran un tercero (o más) pero no se integran físicamente en él. Quedan a un lado y es entonces cuando se pone en marcha el deterioro de sus partes y funciones y se inventa la muerte irremediable. Los procesos vitales acaban fallando, como acaba fallando cualquier máquina por la acción inmisericorde del segundo principio de la termodinámica. El oxígeno que da la vida también mata. Uno no puede vivir sin oxidarse. Vivir envejece. Sí, pero todo es reparable.

La eternidad es solo una cuestión de mantenimiento. La hidra, por ejemplo, no exhibe síntomas de senilidad. La selección natural no la ha tomado contra los viejos por la sencilla razón de que en la naturaleza no hay animales viejos. La vejez es un artefacto cultural de ambientes protegidos. (3) Los machos de un curioso ratón marsupial del género *Antechinus* mueren en masa agotados de tanto copular durante días y días sin darse un respiro para comer ni para dormir. Algo similar ocurre con pulpos y calamares. En este caso se diría que la muerte es parte de un programa prescrito. Pero un programa se puede desactivar y en este caso quizá bastaría con renunciar al sexo (algunos, quizá no muchos, firmarían un contrato así). (4) Cada especie tiene un tiempo de vida característico: las tortugas de las Galápagos viven dos siglos, los ratones viven meses, algunos gusanos viven solo semanas… Esto sugiere que el envejecimiento está controlado por los genes y también en ese caso podemos intervenir, como ya se ha demostrado con el modestísimo gusano *Caenorhabditis elegans*, del que se han conseguido mutantes que extienden su vida natural en más de un 200 por ciento (sería como extender nuestros 120 años de vida máxima hasta casi los cuatrocientos años).

Tratemos ahora de comprender y busquemos convergencias en este mar de divergencias. ¿Qué es el envejecimiento? A finales del siglo pasado, Zhores Aleksandrovich Medvedev contó nada menos que unas trescientas (¡!) teorías distintas. Cada año se publican datos y teorías nuevas. ¿Se puede vislumbrar un tronco común entre tanto árbol, tanta rama y tanta hoja?

Lo más cierto de este mundo es que el mundo es incierto. Por mucho que invirtamos en seguridad nunca podremos anular del todo la posibilidad de un accidente fatal. De ahí, entre otros, el interés de la reproducción: es más sensato hacer una copia a tiempo que empeñarse en un mantenimiento indefinido. A mayor incertidumbre exterior, menor mantenimiento interior. Se puede pensar en una buena inversión que burle el envejecimiento si las condiciones de seguridad son razonables (como en el caso de la tortuga o el elefante: buen blindaje, pocos enemigos, entorno estable…), pero es un pésimo negocio si el individuo está en la base de la cadena trófica (¡todo el mundo come ratones!). En ese caso la selección natural opta por el usar y tirar y apuesta por una reproducción masiva. Nada impide en principio que

la selección cultural burle, una vez más, la selección natural. Pero por pequeña que sea la incertidumbre, la eternidad es demasiado larga para que el accidente no llegue, tarde o temprano, a ser una certeza. Solo por este detalle, invertir en la eternidad del más aquí será siempre, natural o culturalmente, una auténtica ruina. Hoy asumimos de buen grado el riesgo (considerable) de perder la vida al cruzar una calle. Pero por mucho que se reduzca el riesgo ¿quién cruzará la calle, si lo que está en juego es la eternidad?

Un pasado con mucho futuro

El cerebro surgió en la evolución para «salir de casa»
y la memoria para «volver a casa»

He aquí dos buenas hipótesis: la realidad existe y yo la puedo comprender. Sobre tales columnas se levanta toda la ciencia. Ambas afirmaciones son discutibles pero las hipótesis sencillamente se asumen o no se asumen. Y el beneficio de lo primero (siglos de ciencia) es bastante mayor que el de no asumirlas. Cualquier clase de conocimiento aspira a comprender la realidad, el científico, el artístico, el revelado… Sin embargo, la ciencia es la forma de conocimiento con vocación para comprender con la mínima ideología previa. La idea es comprender la realidad para anticiparla y, si conviene, quizá también para transformarla… La ciencia (que no los científicos) esquiva preguntas como ¿por qué existe algo en lugar de nada? o bien, ¿cómo trascender la realidad? o bien, ¿cómo sublimarla?

De todos modos, el cerebro no emerge en la evolución para hacer ciencia, para crear arte o para cultivar creencias. El cerebro surge como un eficaz instrumento de sobrevivencia. La primera función del cerebro fue ayudar a la movilidad de los individuos. Los individuos fijos a una roca (ostras, lapas…) o movidos a la deriva por las comentes (medusas…) no tienen cerebro. Y no lo tienen porque no lo necesitan. El cerebro se «inventa» para salir de casa… ¡y la memoria para volver a casa! Sobrevivir es la función original del cerebro, pero no es la única función natural.

¿Qué significa ser natural? Natural es cualquier innovación ben decida por la selección natural. No se trata de un ripio circular. Cada vez que la selección natural actúa se gana una nueva plusvalía, un beneficio que bien

podemos llamar función natural. La primera función de la pluma no fue volar sino aislar del frío y de la humedad. El aislamiento precede al vuelo, pero tan natural es lo uno como lo otro. Mucho tiempo después la pluma aún habría de ganar una tercera plusvalía: la escritura. Pero escribir ya no es un logro natural sino cultural. El cerebro cognitivo surgió mucho después de la pluma que aísla y en algún punto entre la pluma que vuela y la pluma que escribe. La selección natural versa sobre lo que beneficia o perjudica a la sobrevivencia (lo adaptable), pero su máximo logro fue trascender lo natural e inventar lo cultural. El salto fue de vértigo, porque en la naturaleza la solución precede al problema mientras que en la cultura ocurre lo contrarío. Lo cultural es un logro de lo natural, pero concebir un plan ya no es naturaleza, sino cultura. Así surge el discurso de lo verdadero y lo falso (lo lógico), de lo bueno y lo malo (lo ético), de lo bello y lo feo (lo estético), de lo legal y lo ilegal (lo justo), de lo individual y lo colectivo (lo político), de lo del más aquí y lo del más allá (lo místico)… Y todo ello —lo lógico, lo ético, lo estético, lo justo, lo político y lo místico— son refinados logros culturales de un cerebro naturalmente maduro.

Todas estas refinadas sofisticaciones son igualmente nobles, pero ¿cuál fue antes?, ¿cuál fue después? Hoy tenemos datos de la paleoantropología para arriesgar algunas respuestas. Las herramientas que se fabrican algunos animales (los palitos que se preparan ciertos chimpancés para cazar y comer hormigas, las piedras que usan algunos pájaros para romper huevos) son de gran utilidad, pero no tienen pretensiones de belleza ni son indicio de comprensión alguna. Solo una herramienta destinada a fabricar otra herramienta sugiere cierta capacidad para comprender o para urdir un plan. Hace millones de años, *Homo habilis* buscó la utilidad, pero no la estética ni la comprensión. Hace cientos de miles de años *Homo erectus* añadió la belleza a sus aspiraciones. Sus hachas de piedra exhiben simetría bilateral, es decir la repetición derecha-izquierda en el espacio. Apreciar la repetición en el espacio (armonía) es una preselección para apreciar la repetición en el tiempo (ritmo). Es muy posible que el primero que cayera en la cuenta de que la primavera volvía cada año sostuviera un hacha simétrica en la mano. Las pinturas rupestres de Altamira (España) o de Piauí (Brasil) datan de entre una y dos decenas de miles de años y son más una evidencia del

amanecer de la ciencia que del amanecer del arte. Los toros, caballos y humanos pintados en una gruta del paleolítico quizá sean más el símbolo de una esencia que la expresión de un estado de ánimo. Por otro lado, la primera evidencia de una experiencia mística precede en cientos de miles de años a la primera evidencia de conocimiento simbólico. En efecto, los ritos funerarios de *Homo neanderthalensis* son una clara prueba de autoconciencia, de compasión y de sentido de la trascendencia.

La cuestión no está cerrada, ya que cada día se desentierran nuevos datos que nos obligan a cambiar de opinión, pero, de momento, yo diría que la utilidad precede a la estética, que la estética precede a la mística y que la mística precede a la ciencia. La evolución del cerebro tiene un pasado con mucho futuro.

La percepción del tiempo

El cerebro se alimenta de cambio, como el corazón de sangre o los pulmones de aire

Tenemos cinco relojes distintos para percibir el paso del tiempo. El primero lo fijamos en la muñeca y si lo llevamos ahí es, como veremos, porque los otros cuatro relojes no son de fiar. Es el *tiempo mecánico*, el tiempo objetivo y exterior de los astros. Es el tiempo en el que todos los minutos son iguales para que todo cambio sea atribuible a los fenómenos que observamos y no al mero paso del tiempo. Es el tiempo reversible de los cuerpos simples. Si filmamos una carambola de billar e invertimos el sentido de la marcha de la película nada de lo que veamos nos sorprenderá. Es el tiempo reversible de la mecánica de Galileo y Newton según la cual todo futuro es anticipable y toda historia revisitable. Es el tiempo exacto y constante de la duración de un día, lo que tarda el planeta en dar una vuelta completa en tomo a sí mismo. En realidad, nada es perfecto y el buen funcionamiento de este reloj planetario no deja de ser una ilusión, aunque sea una ilusión tenaz, porque la duración del día terrestre se alarga un segundo cada cien mil años debido a la energía perdida por las mareas. O sea, que para que una criatura pueda ser testigo de un retraso de un minuto en un día, necesita vivir seis millones de años.

Pero tres bolas de billar evolucionando sobre la mesa no parecen comportarse como un cuatrillón de moléculas de agua en un vaso. El tiempo deja de ser reversible. Una gota de tinta roja difundiéndose en agua limpia es un magnífico espectáculo de la naturaleza, sobre todo si uno no tiene mucha prisa y se pone un poco de música para asistir al espectáculo. Al cabo de un breve intervalo infinito de tiempo, el agua adquiere un pálido

tono rosado y homogéneo. Pero ni el físico más optimista del mundo espera a que el proceso se invierta espontáneamente hasta la situación inicial (una gota de tinta concentrada en agua clara). Nuestro aspecto en las fotos de toda una vida, ordenadas cronológicamente, confirma que el *tiempo de la termodinámica* tiene, a diferencia del tiempo de la mecánica, una flecha que apunta hacia el futuro.

Pero cualquier ser vivo tiene también un reloj interior que, además de ser irreversible, resulta que también se acelera. Es el *tiempo fisiológico*, según el cual los veranos de nuestra infancia se nos antojaban eternos mientras que, en nuestra madurez, los años parecen escapársenos de entre los dedos. El ritmo cardiaco es un reloj propio que late cada vez más despacio en contraste con el tiempo externo del reloj mecánico, exacto, objetivo y constante. El corazón de un elefante late cuarenta solemnes veces por minuto en contraste con los alocados mil quinientos latidos de un colibrí. Por ello un colibrí no debe percibir que su vida sea injustamente más corta. Pero si el segundo reloj está en el corazón, el tercer reloj está en el cerebro.

El cerebro, para anticipar la incertidumbre, se alimenta de cambio, como los pulmones se alimentan de aire, la boca de saliva o el corazón de sangre. Si la incertidumbre externa es escasa, el cerebro sufre por aburrimiento y se ofende. Es el tedio de una vida demasiado rutinaria y anticipable, la del reo por ejemplo. Si la incertidumbre externa es excesiva, el cerebro sufre porque no alcanza a procesar lo que ocurre y se frustra. Es la inquietud y el pánico ante una catástrofe natural. La percepción del tiempo según la interpretación de los sucesos externos es el *tiempo psicológico*, una rara y delicadísima combinación de genética, cultura, intuición y memoria.

Sin embargo, aún nos queda un quinto reloj, que no mide el tiempo mecánico, ni el termodinámico, ni el fisiológico, ni el psicológico, sino todo ello y aún algo más. Es el *tiempo histórico*, un tiempo que incluye la imprevisión total cada vez que la ruta se quiebra bruscamente en dos o más alternativas. Es el caos puntual indomable e irreductible. Y ahora, aquí, en la inestabilidad, es la fluctuación más local y más modesta la que decide y la que arrastra a la globalidad entera. Cuando una silla se aguanta sobre sus

cuatro patas, cualquier pequeña fluctuación de sus condiciones iniciales está condenada al anonimato, la silla volverá, una y otra vez a su posición cuadrúpeda de equilibrio estable. Pero cuando la misma silla se aguanta sobre una sola de sus patas en equilibrio inestable, entonces cualquier fluctuación minúscula de sus condiciones iniciales determina el futuro de la silla, por ejemplo, si cae de un lado o cae del otro. Puede ser la diferencia entre la paz y la guerra. La historia puede ser anticipable durante extensos y continuos intervalos de tiempo. Sin embargo, cualquier historia real está plagada de inestabilidades puntuales que deciden drásticamente el futuro. Un minuto de retraso de la bisabuela al acudir a una fiesta de cumpleaños pudo bastar para que nunca llegara a conocer al bisabuelo y, por lo tanto, para que yo no accediera jamás a la existencia.

El tiempo en Feliu Elias

El reloj marca el más anticipable de todos los tiempos

En el invierno de 2011, el Museo Nacional de Arte de Catalunya (MNAC) me pidió que comentara un cuadro de su colección para un programa de televisión. Elegí una pintura de Feliu Elias, un artista no muy conocido que se inició en el posmodernismo catalán con Nonell, Mir y Casas, entre otros, y que además fue caricaturista, editor y crítico de arte. Sin embargo, pronto derivó hacia una pintura muy detallista que recuerda sobre todo al norteamericano Edward Hopper, el pintor de la soledad humana con una curiosa expresión a medio camino entre el impresionismo y el hiperrealismo. El tema de la obra es recurrente en la pintura moderna: una persona ensimismada contemplando el mundo a través de una ventana. El título es *La galería*, pero bien podría llamarse *El tiempo*.

Existen diferentes conceptos científicos de tiempo. En primer lugar está el tiempo prescindible, el tiempo oculto en las ecuaciones de la mecánica racional de Newton. En la solución de la segunda ley (fuerza igual a masa por la aceleración) donde la fuerza es la atracción gravitatoria (fuerza proporcional al producto de las masas y al inverso del cuadrado de la distancia que las separa) el tiempo es efectivamente eliminable. Así se obtienen las trayectorias elípticas de los planetas. El futuro es tan anticipable y está tan determinado que podemos prescindir del reloj. En la pared de la pin tura de Feliu Elias un plato circular inmóvil, ciego y mudo usurpa el lugar que correspondería a un reloj.

La segunda concepción del tiempo que aparece en física es el tiempo irreversible de la termodinámica. El tiempo ya no es prescindible porque tiene una clara flecha hacia el futuro. Es lo establecido por el célebre y

temido segundo principio de la termodinámica. La materia viva, simplemente viva va desde el pasado hacia el futuro, no al revés. Una carambola de billar es reversible, la simple dilución de una gota de tinta en agua ya no lo es. En *La galería*, un trozo de pan condenado a endurecerse sobre la mesa recuerda la irreversibilidad del tiempo.

También tenemos el tiempo psicológico, que hace que la percepción del tiempo dependa fuertemente de nuestro estado mental. El gozo intelectual del cerebro está en un delicado punto entre la ofensa del cerebro (porque todo es demasiado anticipable) y la frustración del cerebro (porque nada es mínimamente anticipable). El cerebro surge en la evolución como apoyo necesario a la movilidad de los animales. En suma: cualquier causa que altere el estado de una mente, altera también la percepción del tiempo. En *La galería*, de Feliu Elias, una botella de vino tinto apunta tal posibilidad.

La cuarta noción del tiempo es el tiempo fisiológico, el que marca nuestro metabolismo cuando lo enfrentamos al tiempo objetivo de los astros. El tiempo que marca el Sol, por ejemplo, es constante y uniforme cuando lo contrastamos con el tiempo que nos dicta nuestro propio cuerpo, el del ritmo cardiaco por poner otro ejemplo. Así se explica la sensación de que el tiempo se acelera con la edad, de que los veranos de la infancia eran mucho más largos que los de ahora. Es el tema central de la pintura de Feliu Elias porque la persona que mira por la ventana está contrastando su tiempo propio con el tiempo externo e imperturbable de los astros, el Sol de la tarde en este caso.

Y finalmente tenemos el tiempo de las bifurcaciones y de las inestabilidades, el tiempo puntualmente impredecible del caos, de las situaciones sensibles a sus condiciones iniciales. Es, en definitiva, el tiempo humano, el tiempo que expresa el rostro de la persona central del cuadro de Feliu Elias, el resultado de una suma de decisiones al azar en un número finito de bifurcaciones en el camino.

El tiempo no existe

Si el tiempo apareció un día, bien puede desaparecer otro día

La intuición que tenemos del mundo consta de cuatro dimensiones, tres espaciales y una temporal. En efecto, nuestro cerebro percibe, a través de nuestro *sensorium*, volúmenes de tres dimensiones que evolucionan en el tiempo. Podemos imaginar mundos de menos dimensiones, pero es imposible recrear en nuestro cerebro mundos de más. Es la grandeza de la ciencia: podemos comprender mundos sin necesidad de intuirlos. (La grandeza del arte es la contraria: puede intuir mundos sin necesidad de comprenderlos). Una línea (una dimensión) intuye un punto (cero dimensiones) porque se sabe formado por un punto cuando este se mueve. Sin embargo, un individuo puntual (si existiera) sería incapaz de intuir una línea. Una superficie (dos dimensiones) intuye una línea (una dimensión) porque se sabe engendrada por una línea cuando esta se mueve. No obstante, un individuo que se mueva en un mundo lineal no entiende de superficies, carece de perspectiva para ello. Y un volumen de tres dimensiones intuye cualquier superficie de dos porque se sabe engendrado por una superficie cuando esta se mueve. Pero un individuo que se mueve en un mundo de dos dimensiones (como un gusano) no entiende ni intuye nada cuando se lo come un pájaro que se descuelga súbitamente desde un mundo de tres dimensiones.

Pues bien, según la moderna y polémica teoría de las supercuerdas de la física teórica, la realidad del mundo tiene una decena de dimensiones y nosotros vivimos en un (con perdón) submundo de solo cuatro. Nuestro mundo es una especie de membrana en un mundo de bastantes más dimensiones o, como se nombra en la jerga de los físicos de estos temas, en

una brana (brana: menos que una membrana). Afortunadamente, la grandeza de la ciencia es que podemos comprender sin necesidad de intuir. Gracias a ello manejamos y aplicamos, por ejemplo, la física cuántica que no es intuitiva porque no existen observadores cuánticos. Nuestra mente no puede alimentarse de experiencias cuánticas directas. Por la misma razón podemos comprender mundos de dimensión superior, pero no podemos intuirlos. Pues bien, según José Senovilla, catedrático de la Universidad del País Vasco, uno de los físicos españoles actuales más originales y brillantes, existe una interpretación de la realidad según la cual el tiempo se va desacelerando con el turbador pronóstico de que acabará ¡parándose! Es decir, aunque sea indetectable a nuestra percepción, los segundos y minutos que marcan los mejores relojes no son todos iguales. Nuestra gran hipótesis sobre la naturaleza del tiempo es que es uniforme ya que en cualquier otro caso nunca sabríamos si el cambio que observamos se debe a los fenómenos mismos de la realidad o al tiempo con el cual observamos y medimos tales fenómenos.

El modelo propuesto por Senovilla y su equipo abre la posibilidad de que nuestro mundo es un corte, una brana de una realidad en la cual el tiempo se frena y se convierte en espacio. En el contexto general de la física moderna esta idea cae bien porque resuelve problemas y contradicciones pendientes y no resulta tanto en la creación de otros nuevos. La situación recuerda mucho a la que hubo al principio del siglo pasado con el misterioso éter, un fluido omnipresente que se inventó para comprender cómo se propagan las ondas electromagnéticas en el vacío. Michelson y Morley dedicaron su vida a buscarlo sin encontrarlo… hasta que llegó Einstein con su famoso artículo en 1905 y pulverizó la respuesta por el sencillo procedimiento de cambiar la pregunta. El éter no era necesario y nadie más volvió nunca a hablar de él. Pues bien, uno de los misterios actuales más inquietantes es qué es y dónde está la misteriosa energía oscura del cosmos. Su existencia se hace hoy necesaria para explicar la observada expansión acelerada del universo. Con la nueva concepción, la energía oscura es, como lo fue el éter, un concepto superfino porque resulta que no es que el cosmos acelere su expansión, lo que ocurre es que el tiempo se ralentiza. ¿Y ahora?, ¿y luego?, pues el tiempo se irá frenando

cada vez más hasta detenerse del todo. El tiempo morirá y desaparecerá y el mundo quedará congelado en una última instantánea.

¿Por qué no? Después de todo, el tiempo arrancó con el Big Bang. Si pudo aparecer, bien puede desaparecer.

Pretexto para un texto fuera de contexto

La tradición solo persevera por tradición

Un buen aforismo huye del dogma, necesita cierta dosis de humor y es idóneo para iniciar una conversación.

Por encima de la narrativa, la poesía y el ensayo, el pensamiento breve es el género literario más científico.

La ciencia es una forma de conocer la realidad. La literatura también. La ciencia es conocimiento de todo lo objetivo, inteligible y dialéctico que sea posible. La literatura no tiene por qué. Un poema particular, una novela, un cuento, un ensayo o un aforismo puede ser más o menos científico, pero los aforismos son, en su conjunto, el género literario más científico. Siguen tres argumentos.

La objetividad demanda que el sujeto de conocimiento distorsione lo menos posible al objeto de conocimiento. De este modo, la comprensión va más allá del sujeto que la ha conseguido (es útil para muchos otros sujetos) y va más allá también del objeto que ha servido como punto de partida (se aplica a muchos otros casos). Lo mismo ocurre con los aforismos. Un aforismo no se disculpa nunca por haber sido citado fuera de contexto. En ciencia, una sola excepción es suficiente para jubilar una ley fundamental de la naturaleza. El premio a la objetividad, tanto en ciencia como en literatura, es la universalidad, la cantidad de mentes que suscriben un aforismo o una ley de la naturaleza y la amplitud del dominio de casos diferentes a los que aquellos se aplican. Por ello, y si se me permite la cacofonía, un aforismo es un pretexto para un texto fuera de contexto.

La inteligibilidad requiere despojar a la esencia de todos sus matices, es la mínima expresión de lo máximo compartido. La mejor comprensión (de

comprender) es la máxima compresión (de comprimir). Una novela puede extenderse hasta mil páginas, quinientas o doscientas, pero atendiendo solo a su peso, diríamos que la más científica es la última. Del mismo modo, en general, un cuento pesa menos que una novela, un poema menos que un cuento y un aforismo menos que un poema. El premio a la inteligibilidad, en ciencia y también en literatura, es la capacidad para anticipar la incertidumbre. Las leyes de Newton rigen tanto para anticipar el movimiento de una manzana que se desprende del árbol como para anticipar la trayectoria de un planeta alrededor del sol. ¡La mecánica celeste y la mecánica terrestre son indistinguibles! Lo localmente superfino se decanta. A un buen aforismo no le sobran palabras, sílabas ni letras. Un aforismo y una ley de la naturaleza comparten la belleza de todo mínimo evocando un máximo. Cuanto más compacta es una comprensión más y mejor anticipa. Si resulta que la mejor comprensión es la propia observación, entonces el conocimiento es incomprensible (de no comprender) por incompresible (de no comprimir). Es cuando una frase no logra elevarse por encima de la mera anécdota. El aforismo *Vivir envejece* se resuelve solo con dos palabras pero evoca el precio que paga la materia viva por seguir siéndolo.

La dialéctica se alimenta de una tensión continua entre sujeto y objeto. Y cuando el objeto contradice al sujeto, entonces le obliga a elegir: o cambia su manera de mirar o cambia su manera de creer. La contradicción entre sujeto y objeto es el motor infatigable del progreso de la ciencia. La contradicción en ciencia es un presagio de nuevo conocimiento, una buena noticia, una promesa de gozo intelectual científico. El premio por la dialéctica es nada menos que el progreso de la ciencia. La ciencia no se blinda contra la realidad o contra la crítica. El humor y la contradicción son las armas funda mentales contra el dogma. El humor se lleva fatal con la poesía y se dosifica con prudencia en los demás géneros literarios. Pero un aforismo, por serio que sea, necesita cierta dosis de humor para sobrevivir. Sin embargo, no se trata de un humor cualquiera. Es el humor que evoca los límites mismos del conocimiento inteligible: el límite de la contradicción, donde la verdad del sujeto se rompe porque el objeto la niega, el límite de la trivialidad, donde la verdad del sujeto se garantiza a sí misma ignorando al

objeto, o el límite de la redundancia, donde objeto y sujeto se funden y confunden. He aquí un aforismo que contiene una fuerte imagen contradictoria:

La realidad es inteligible porque no hay bosques con más árboles que ramas.

Otro con trascendente aura trivial:

Pienso, luego existo (Descartes).

Y otro con suave regusto redundante:

La tradición solo persevera por tradición.

Un proverbio se presenta presumiendo de dogma, por eso los proverbios se usan más bien para zanjar discusiones. El buen aforismo, en cambio, huye del dogma y es idóneo para iniciar una conversación. Es el caso de la desconcertante frase de Carl Sagan:

La existencia de inteligencia extraterrestre solo tiene dos respuestas posibles y ambas son enormemente sorprendentes.

Cuanto menor es la probabilidad antes de la ocurrencia de un suceso, mayor es la sorpresa después de su ocurrencia, pero la suma de la probabilidad de la ocurrencia más la probabilidad de la no ocurrencia es la certeza absoluta, por lo que si sorprende A entonces no sorprende la negación de A. ¿Cómo es posible entonces que cualquiera de las dos respuestas posibles nos sorprendan por igual? Un buen aforismo es una reflexión liofilizada para ser recordada hasta que se presente de nuevo la ocasión de activar la discusión. Por ello, al buen aforismo le conviene la belleza. Esta puede lograrse por simetría:

Cambiar de respuesta es evolución,
cambiar de pregunta es revolución.

O, excepcionalmente, cebando la frase para desplegar toda una ironía crítica:

> *Existe una tendencia no declarada entre los arquitectos-estrella para que el continente haga una sutil referencia al contenido y es así como un aeropuerto puede llegar a recordar a un pájaro, un edificio portuario a un barco o bien, mira por dónde, un restaurante de comida rápida a una hamburguesa con cebolla.*

Una novela, un cuento, un ensayo o un poema pueden ser grandes obras literarias sin necesidad de apelar al método científico. Pero un buen aforismo tiene siempre la clase de talante y de talento que se gasta en ciencia. Yo solo llamaría aforismos a los aforismos buenos. Después de todo tampoco existe buena ciencia o mala ciencia, solo ciencia vigente.

La bifurcación

El arquitecto aterriza procedente de París donde ha ganado un concurso para construir un importante museo. Entra en el taxi, se derrama por el espacio disponible y canta, fuerte y claro, la calle y el número. El coche arranca, pero el taxista no aparta la mirada del espejo retrovisor:

—¡Hernán!

—¡¡Raimon!!

Su amistad se pierde en la penumbra de la infancia: mismo parvulario, iguales risas, misma escuela, igual veraneo, mismos amigos, iguales planes, mismos estudios… Despiertan juntos al uso de la razón, descubren juntos el mundo y caminan juntos hasta los veinte años. Su amistad parece indestructible, y no precisamente por ser iguales sino quizá por lo contrario. Hernán es despreocupado y extrovertido, Raimon meticuloso y tímido. Hernán es imaginativo y fantasioso, Raimon imaginativo y realista. Hernán más bien habla, Raimon más bien escucha. Hernán goza el presente, Raimon goza el futuro. Hernán tiene novias pero no mal de amores. Raimon tiene mal de amores pero no novias. Ambos nacen en la segunda semana de julio de 1944, cuando sus madres llevan ya seis meses conversando sobre su primer parto. En la escuela, Hernán debe su prestigio a que es inseparable del brillante Raimon, y este a que es inseparable del seductor Hernán. En la universidad, Raimon trabaja a fondo las asignaturas y cosecha sobresalientes en casi todo. Hernán las prepara sobre el trabajo previo de Raimon, pero, salvo algún tropiezo, avanza sin problemas. Las vidas de Hernán y Raimon empiezan a separarse en junio de 1964. Raimon adelanta sus vacaciones una semana. Durante el último examen lo ha pasado mal, se

ha enganchado en un problema y ha tenido que resolver los otros dos nervioso y con mucha prisa. No ha estado a su nivel habitual, pero aún alberga esperanzas de aprobar. Curiosamente, ni siquiera comenta sus temores a Hernán. Necesita cambiar de aires con urgencia, así que se marcha confiando en que Hernán le llevará la buena nueva poco después. «Te espero en Ibiza». A Hernán le ha ido peor. Ya tiene dos asignaturas suspendidas y nulas esperanzas en la última. Se muere de ganas por matar el curso y seguir a su amigo del alma, pero acepta esperar a que las últimas calificaciones cuelguen del tablón.

Cuatro días después, sin despertarse del todo de la siesta, Hernán oye a Raimon gritar desde la calle: «¡Hernán, Hernán!». Hernán aparta la persiana y se asoma cegado por la luz de mediodía… «Hernán, ¿he aprobado?». Hernán trata de ganar tiempo porque, al final, las listas se retrasaron veinticuatro horas y él no pudo resistir un día más en la ciudad. «¿Que si qué?». «Que si he aprobado, hombre; como no me dices nada…». La bola salta en la ruleta, par, impar, par, impar… aprobado, suspenso, aprobado, suspenso… «¡Aprobado!». Su propia voz le sobresalta: «¡Aprobado claro, como siempre! ¿Nos vemos en la playa a las seis?». Raimon siente un gran alivio. Y se va calle abajo dando saltitos y pensando que ha aprobado por pura inercia, por puro prestigio. ¡A disfrutar del verano! Pero en otoño no da crédito a las objeciones que le plantean en secretaría: «Usted no se puede matricular en tercero, suspendió en junio y ni siquiera se ha presentado en septiembre…». Raimon se queda sin habla, mira a ninguna parte. En la cola se impacientan… Su bloqueo mental es irreversible. Nunca más pudo concentrarse en una sola línea de la maldita asignatura. Cuatro años después, mientras Hernán culmina su proyecto de fin de carrera, Raimon tira definitivamente la toalla. Aún hoy se pregunta por lo ocurrido. Nunca ha dejado de darle vueltas al asunto. El taxi no le va mal. Se ha especializado en carreras al aeropuerto. Desde que consiguió la licencia, se ha hecho con una clientela fiel que le adora por su seguridad, puntualidad, cultura, discreción y profesionalidad. Hace once años que no sabe nada de Hernán. Cualquier día nos encontramos. La historia nunca deja de acabarse.

Cuatro días después, sin despertarse del todo de la siesta, Hernán oye a Raimon gritar desde la calle: «¡Hernán, Hernán!». Hernán aparta la persiana

y se asoma cegado por la luz de mediodía… «Hernán, ¿he aprobado?». Hernán trata de ganar tiempo porque, al final, las listas se retrasaron veinticuatro horas y él no pudo resistir un día más en la ciudad. «¿Que si qué?». «Que si he aprobado hombre, como no me dices nada…». La bola salta en la ruleta, par, impar, par, impar… suspenso, aprobado, suspenso, aprobado… *¡Suspenso!* Su propia voz le sobresalta: «Lo siento Hernán, suspenso esta vez, pero estudiaremos juntos, ¿vale?… ¿Nos vemos en la playa a las seis?». Raimon está furioso consigo mismo: no se puede vivir de prestigio. Ni de inercia. Y se va calle abajo con paso militar ¡Fin del verano! Once años después, el estudio de arquitectura está consolidado. La simbiosis es perfecta: Raimon más bien tiene las ideas y Hernán más bien las vende. El futuro nunca deja de iniciarse.

Los arquitectos aterrizan procedentes de París donde han ganado un concurso para construir un importante museo. Entran en el taxi, se reparten el espacio disponible y cantan, al unísono, la calle y el número. Carcajadas por la coincidencia, incluidas las del joven taxista que se ríe por el espejo retrovisor.

Gleiwitz, 31.08.39, 20.00: la abuela ha muerto

... sería la primera víctima, luego vendrían sesenta millones más…

Entro en el Museo de la Historia de la Radio en Gliwice (Polonia) y me siento delante de su director, el señor Andrzej Jarczewski. El museo es la estación de radio intacta donde tuvo lugar un hecho absurdo hace setenta años, un día antes de que comenzara la segunda guerra mundial. Andrzej ha tomado el micrófono en mano, el mismo de entonces, ha introducido la clavija en el segundo orificio y, engolando la voz como hacen los locutores de radio, pronuncia las siguientes palabras:

—Atención, aquí Gleiwitz, la estación de radio está en manos polacas…

Ha dicho Gleiwitz, y no Gliwice, porque entonces la ciudad era alemana. Sin embargo el señor Jarczewski, llevado por la emoción de la representación ha dado un tirón y la clavija se ha desprendido de su alojamiento. Le advierto del incidente con un gesto, me lo agradece con otro, la vuelve a enchufar y se me queda mirando extasiado.

—¿Se ha dado cuenta?

—¿¿??

—Eso es exactamente lo que ocurrió hace hoy setenta años…

—¿¿??

—Eso: un error. Al volver a enchufar la clavija lo hizo en el tercer agujero y no en el segundo. Por esa razón solo se emitieron las once primeras palabras…

Vaya, pienso, creo que he picado como se esperaba de mí que hiciera…

La escena reproduce el asalto que las SS hicieron a las 20.00 horas del 31 de agosto de 1939, disfrazados de asaltantes civiles polacos, para justificar, al día siguiente, la invasión de Polonia. La treta es una idea del mismísimo Adolf Hitler, que da la orden secreta a Heinrich Himmler, que a su vez se la pasa a Reinhard Heydrich, quien se la desliza al jefe local de la Gestapo, Heinrich Müller, y este a Alfred Naujocks, jefe ejecutivo de la operación. Naujocks sobrevivió a la guerra, se jactaba de ser algo así como el padre de la segunda guerra mundial y concedió una sonada entrevista al semanario *Der Spiegel* a principios de los sesenta e intentó hacerse rico con su hazaña. La señal que la desencadena era GROSSMUTTER GESTORBEN («La abuela ha muerto»). El comando de las SS mató de un tiro a un prisionero alemán que llevaban consigo y lo hicieron pasar por un atacante polaco muerto en el asalto. Sería la primera víctima. Luego vendrían sesenta millones más.

El museo incluye la célebre torre de 111 metros de altura, la más alta del mundo construida, ¡con madera!, en 1935 por la compañía Lorenz, un monumento de ingeniería que todavía está en servicio. Gracias a esta magnífica torre, por la tarde, cuando las ondas de radio se reflejaban en la ionosfera, la emisión alcanzaba toda Europa, América del Norte y Canadá.

Debido al tontísimo episodio de la clavija mal reintroducida, los nazis no consiguieron el sensacional efecto de una provocación polaca retransmitida en directo a medio planeta. Sin embargo, la propaganda alemana consiguió que la prensa internacional recogiera el grave incidente. Hitler lo mencionó en el airado discurso que al día siguiente encendía los deseos de ira y venganza a las tropas alemanas lanzadas ya contra Polonia. ¡Polonia!, un país hostil que practicaba la limpieza étnica con los alemanes que vivían en su territorio y que, al parecer, acababa de calcular que su caballería (de caballos) podría con las divisiones blindadas alemanas.

La verdad se ha sabido porque Alemania perdió la contienda. De hecho, nada se supo hasta después de la guerra, cuando Alfred Naujocks declaró en el juicio de Nuremberg. Ya sabemos que los que escriben la historia son los vencedores y que lo hacen en honor de las identidades colectivas, de sus naciones y de sus familias. Por eso es tan importante preservar la evidencia experimental a la que volver una y otra vez para reconstruir la historia. Por

eso la *prehistoria* (cuando no hay testimonio escrito) quizá sea más fiable que la *historia*. Por eso es tan importante que los museos sean, esencialmente, realidad concentrada. El museo es el testimonio vivo de la tecnología de una época. Cierto, pero también exhibe la evidencia de la estupidez y de la maldad humanas (dos aspectos bien relacionados entre sí). Y es que los museos también sirven para eso.

El lobito bueno

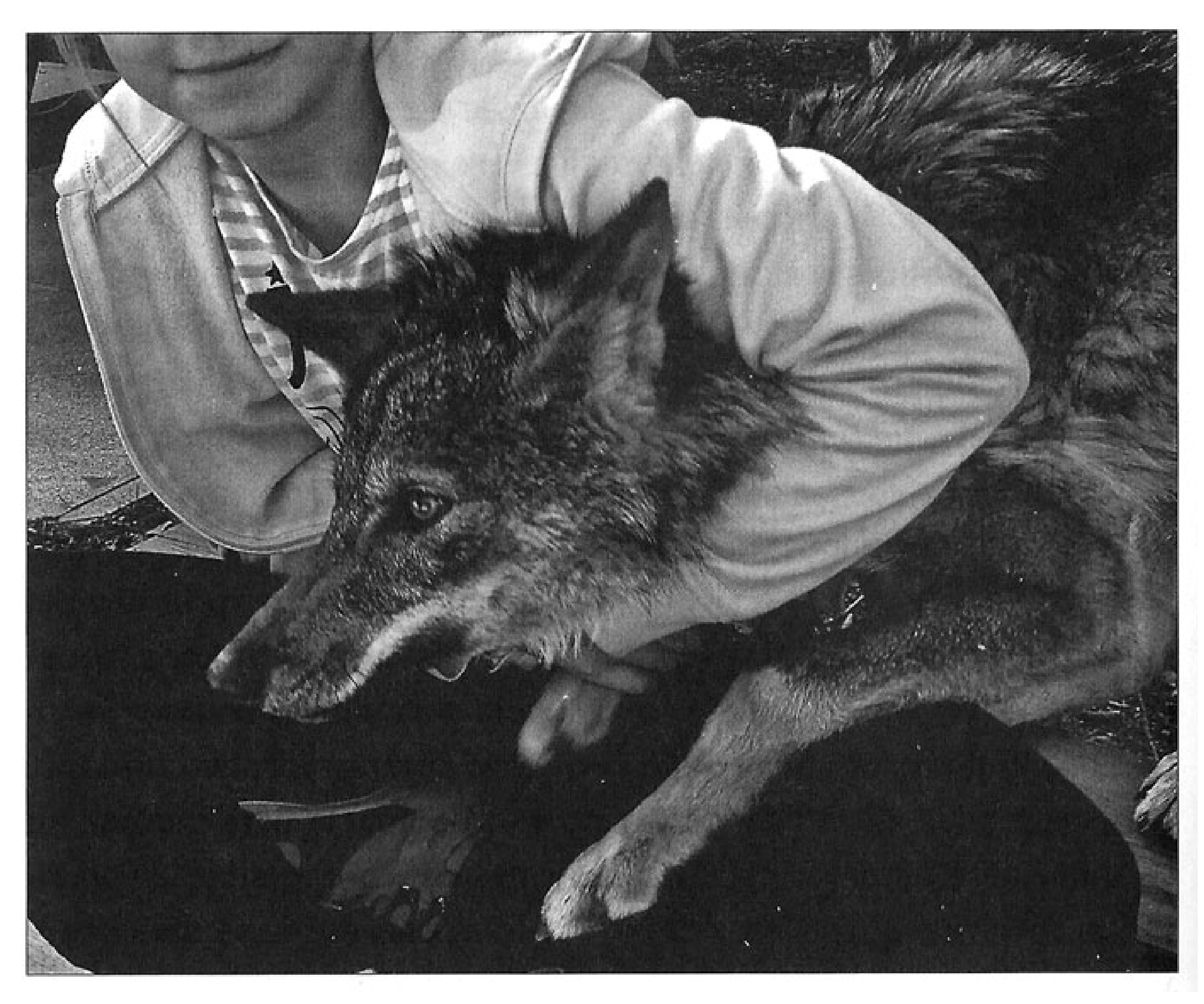
(a José Agustín Goytisolo)

La ficción no es una licencia para la incoherencia

Si el lobo se encuentra a Caperucita en el bosque, ¿por qué no se la come allí mismo? Si el lobo ya sabía dónde vive la abuela, ¿por qué no se la ha comido antes? Si los lobos comen a bocados, ¿por qué se traga enteras a la abuela y a su nieta como si fuera una boa constrictor? Si una niña no tiene defensa frente a un lobo, ¿qué necesidad tiene este de disfrazarse de abuela para ganarse su confianza? ¿Cómo sobreviven las dos mujeres sumergidas sin respirar en los ácidos digestivos del lobo? Si el cazador sabe de lobos y ve a uno entrar en casa de la abuelita, ¿por qué se espera fuera para preocuparse durante un rato? Si el cazador va con una escopeta al hombro y un cuchillo de desollar al cinto, ¿por qué diseña un plan tan complicado para acabar con el lobo? Demasiados rodeos y demasiados atajos incluso para un cuento. En esta historia todo el mundo desconfía. La madre desconfía de Caperucita, por eso la advierte sobre los peligros del bosque. El lobo desconfía de Caperucita y de su abuela, por eso se hace pasar por Caperucita ante la abuela y por la abuela ante Caperucita. El cazador desconfía del lobo, por eso acude finalmente en ayuda de las presuntas víctimas. La moraleja no puede ser más clara: ¡desconfía para sobrevivir!

Pero de quien más se debe desconfiar aquí es del narrador del cuento. Supongamos por un momento que el escenario real existe y tratemos de construir otra interpretación más verosímil de lo ocurrido. Digamos, para empezar, que aquí solo hay una víctima: el lobo. Y la única prueba es su

cadáver con los pulmones llenos de agua y el vientre lleno de piedras. ¿Por qué no lo han matado sencillamente de un tiro? Porque entonces los restos no encajarían con el presunto rescate de las presuntas víctimas vía presunta cesárea de urgencia.



¿Quién es la víctima inocente?

La ficción nunca ha sido una licencia para la incoherencia. He aquí otra versión con muchas menos contradicciones. La madre, la hija, la abuela, el cazador, el segador y el narrador del cuento están conchabados. Caperucita seduce al lobo, que está dormitando tranquilamente bajo un árbol y le pide que le lleve los pasteles a su abuela, que vive al otro lado del bosque, que el bosque está muy oscuro y que le da mucho miedo. El bueno del lobo accede porque la quiere de verdad y se dirige a la casa de la abuela trotando alegremente con la cesta en la boca. La abuela abre la puerta con una falsa

sonrisa y, nada más entrar, el lobo se queda helado al reconocer dos rostros muy severos parados en la penumbra detrás de ella: son el cazador y el segador, sus enemigos de toda la vida. ¡Cuántas veces ha escapado de los perdigones disparados por el primero! ¡Cuántas veces ha esquivado la hoz lanzada por el segundo! Ahora está atrapado. Caperucita, ¿por qué me has hecho esto? El lobo comprende la situación e intenta huir. Pero ya es tarde. Alguien ha atrancado la puerta desde el exterior. Fuera, Caperucita y su madre se dan la mano y se guiñan el ojo.

Una autopsia rutinaria del cadáver del lobo revelará antiguas heridas de perdigones en sus cuartos traseros y una larga cicatriz que le recorre el costado derecho, recuerdo de un guadañazo recibido una noche en la que el lobo se acercó a inspeccionar con ilusión la basura de la granja… Los de balística certificarán sin problemas la coincidencia de la munición con la habitual del cazador y los de genética certificarán con un error infinitesimal la coincidencia del ADN del lobo con el que aún se encuentra en el filo de la guadaña que cuelga en el establo. ¿El móvil del crimen? Odio, sencillo y puro odio. ¿Cuál es la moraleja de este otro cuento? Las mentiras se construyen, las verdades se descubren. La realidad manda sobre cualquiera de sus interpretaciones. Todo individuo tiene derecho a revisar cualquier interpretación de la realidad, por antiguo, prestigioso, inteligente, sabio, reconocido y célebre que sea el interpretador vigente.

Jules Verne: viajar, viajar, viajar…

Vivió su tiempo mientras soñaba el tiempo siguiente

Cuesta llamarle Jules en lugar de Julio, cosa que no ocurre por ejemplo con su famoso editor, Pierre-Jules Hetzel. Ya nadie dice Carlos Darwin o Sigmundo Freud, pero Julio Verne fue una marca desde el principio, algo fácilmente integrable como elemento propio en cualquier cultura. El peso de la literatura de Verne puede no estar en la complejidad psicológica de sus personajes. Está en otros dos conceptos, muy relacionados entre sí, que suponen la invención de todo un género literario: la aventura de descubrir y hacerse preguntas por el método de viajar (uno) y la aventura de descubrir y hacerse preguntas por el método de hacer ciencia (dos). El nuevo género que resulta bien podría llamarse *la novela de ciencia*. En general, no se trata de crear situaciones sugeridas por una ciencia imaginada, por una ciencia ficción… No es ficción a base de ciencia ficción sino ficción a base de la ciencia conocida. Por ello Verne es más un divulgador de la ciencia que un visionario de la ciencia. Verne conocía la ciencia de su tiempo. Seguía la ciencia de su tiempo. Se relacionaba con científicos de su tiempo. Al parecer, llegó a tener más de un millón de fichas sobre teorías, cálculos, fenómenos y objetos de interés científico. Verne era sobre todo un hombre de su tiempo. Por eso podía especular por delante de su tiempo. Ahora podemos ponemos de acuerdo y aceptar que Verne era un visionario, porque para ser un visionario se ha de ser antes un hombre de su tiempo. Un iluminado, por ejemplo, no lo necesita.

El punto de partida es sin duda el viaje. Viajar, viajar. Viajar es soñar, viajar es forzar cambio, viajar es descubrir. Los grandes viajes y los grandes descubrimientos científicos están muy unidos en la historia de la

humanidad. La ciencia antigua estaba asociada al cabotaje por el mediterráneo, la revolución newtoniana al descubrimiento del Atlántico, la revolución darwiniana a expediciones como la del *Beagle* y la ciencia moderna sin duda al espacio exterior del cosmos. Todo consiste en levantar la vista y especular sobre el horizonte visible.

Primero fue el viaje. Cuesta poco imaginarse la infancia del escritor. Su madre descendía de una familia bretona de marinos y gentes de letras, su padre era un abogado que soñaba con que su hijo le sucediera algún día en el bufete, y el puerto de Nantes de principios del XIX un hervidero de comerciantes que arribaban y zarpaban cada día con mercancías para las lejanas colonias francesas de ultramar. Jules niño ve desde allí cómo el mundo entero cambia a golpe de viaje. Y luego fue la ciencia. Así surge la idea de la *novela de ciencia* con la que, años después, convence al editor Pierre-Jules Hetzel. El escritor escribe y el editor edita: unas pruebas, discusiones, trabajo febril y la primera narración está a punto. Ambos, escritor y editor, están convencidos de que la idea es un hallazgo. No se equivocan. El éxito es clamoroso. El género está inventado y la novela *Cinco semanas en globo* es el holotipo.

La ciencia que late en la obra de Verne ya no es hoy, claro, la ciencia de nuestro tiempo. Pero tal cosa supone un interés añadido, un auténtico buceo en la ciencia del siglo XIX y un reto para que el lector mida hasta qué punto él mismo es una persona de su tiempo. Por otro lado, la emoción del viaje y de la especulación científicas están intactas. Verne sigue influyendo en autores y lectores. El viaje *De la Tierra a la Luna* siempre será un clásico del género, como siempre lo será en el cine *2001: una odisea del espacio*. Verne influyó claramente en Hergé, y no solo cuando este envía a Tintín a la luna. El máximo héroe de los vuelos espaciales, Yuri Gagarin, el primer humano en asomarse fuera del planeta, no se cansaba de reconocer que su vida se había encaminado hacia la astronáutica tras la lectura de esta novela. No en vano la antigua Unión Soviética dio el nombre de Jules Verne a una de las montañas descubiertas en la cara oculta de la Luna. ¿Cuántos submarinos cruciales de la realidad y la ficción se han llamado *Nautilus* en honor del vehículo soñado por Verne en *20 000 leguas de viaje submarino*? Su idea, no ya de una nave sumergible, sino de que esta fuera además una

especie de hogar semipermanente para humanos, habría de esperar más de cien años para que se hiciera realidad con los submarinos de propulsión nuclear. ¿Cuántas referencias se hacen a Verne cada vez que a alguien se le ocurre dar la vuelta a la Tierra, en barco, en globo, en planeador, o en lo que sea?

Verne viajó por el planeta y viajó por las bibliotecas. Pero tras cada uno de sus viajes extraordinarios, se pueden percibir las ensoñaciones y frustraciones de su intensa biografía. En *Las tribulaciones de un chino en China*, Verne refleja su propia vida conyugal: «Aburrirse solo en la vida, es malo; aburrirse dos, es peor». En *Un capitán de quince años*, Verne quizás esté contando cómo le hubiera gustado que fuera su hijo Michel. Su amargura en la vida real por la pérdida en poco tiempo de su madre, de su editor y de Gastón, su sobrino favorito, que muere en un psiquiátrico después de dejar al escritor cojo de un par de disparos en una pierna, se traduce en el escepticismo de sus escritos de finales de los ochenta. En su juventud sufrió como un romántico exacerbado por la incomprensión de su primer amor, la bellísima y altiva prima Carolina. Sufrió mucho y mucho tiempo. Quizá fuera el origen de su misoginia: ¿dónde están los personajes femeninos en la extensísima obra de Verne? Con el tiempo la amargura se convierte en ironía. En la novela *Familia sin nombre*, se da el gusto de despeñar por las cataratas del Niágara un barco curiosamente llamado *Carolina*.

Jules Verne vivió su tiempo mientras soñaba el tiempo siguiente. Murió escribiendo *El faro del fin del mundo*. Sus últimas palabras fueron dos, dirigidas a sus nietos. Dijo: «Sed buenos». Y cerró los ojos.

Arthur C. Clarke: literatura y ciencia

Toda tecnología suficientemente avanzada
es indistinguible de la magia

La realidad de este mundo es, con mucho, lo que tenemos más a mano. La realidad tuvo un principio. No tenía por qué haberlo, pero todo es como si lo hubiera habido. La eternidad no es simétrica. Se extiende indefinidamente hacia el futuro, pero no hacia el pasado. La eternidad empezó. En esta idea, curiosamente, se encuentra cómodo cualquier tipo de conocimiento, el científico, el artístico, el revelado… Tras ese principio siguió una sopa homogénea de quarks y hoy, unos trece mil setecientos millones de años después, resulta que hay objetos inertes, objetos vivos y, sobre todo, objetos pensantes capaces de comprender la realidad a la que pertenecen. Spinoza resumió toda la cosmología, casi sin querer, en una sola frase: *las cosas tienden a perseverar en su ser*. Su tremenda potencia procede de su semitrivialidad: lo que existe es porque logra perseverar. Pero se persevera de tres maneras distintas. Los objetos inertes perseveran con solo seguir existiendo, por lo que su gran virtud es la estabilidad. Los objetos vivos perseveran con solo seguir vivos, por lo que su gran virtud es la adaptabilidad. Y los objetos pensantes perseveran con solo seguir comprendiendo, por lo que su gran virtud es la creatividad. Lo único cierto en este mundo es que el mundo es incierto, por lo que perseverar es un continuo forcejeo contra la incertidumbre. Los objetos inertes se someten dócilmente a la incertidumbre, los vivos la modifican y los pensantes, ¡la anticipan!

Anticipar el futuro es, pues, una capacidad de gran prestigio, hondamente enraizada en la larga tradición de la mismísima realidad. El

objetivo de la ciencia es comprender la realidad, no sea que ello pueda ser útil a la hora de anticiparla. En el fondo del alma de todo científico hay siempre un aventurero que explora el espacio y el tiempo. La ciencia es en sí misma una ficción de la realidad que respeta un método, un método empeñado en liberar al conocimiento de toda emoción perturbadora y en minimizar en él todo resto de ideología. No hay humano a quien tal cosa no le duela y resulta que todos los científicos son humanos. ¿Cómo aliviar esta soledad cósmica del científico? Por ejemplo, con otra forma de conocimiento que también utilice, prioritariamente, la palabra: es la literatura. En sus artículos profesionales, un científico no puede confesar sus emociones, ni soltarse con simples intuiciones, ni limitarse a especular, soñar, sugerir, opinar… El científico tiene esa servidumbre, el escritor no. Arthur C. Clarke, escritor y científico, empieza el prólogo de su *2001: una odisea del espacio* con unas palabras que hacen volar la imaginación por el espacio de la galaxia entera y por el tiempo desde el mismo amanecer del hombre en el planeta:

> Tras cada hombre viviente se encuentran treinta fantasmas, pues tal es la proporción numérica con que los muertos superan a los vivos. Desde el alba de los tiempos, aproximadamente cien mil millones de seres humanos han transitado por el planeta Tierra.
>
> Y es en verdad un número interesante, pues por curiosa coincidencia hay aproximadamente cien mil millones de estrellas en nuestro universo local, la Vía Láctea. Así, por cada hombre que jamás ha vivido, luce una estrella en ese Universo.

Ahí donde la ciencia pierde su licencia, continúa libremente la literatura. La ciencia es una ficción de la realidad de este mundo, la literatura es otra clase de ficción que permite inventar otros mundos. El tiempo pasa. Siempre acaba pasando. Es solo una cuestión de tiempo. Y el buen escritor de ciencia ficción, y con él sus lectores, goza cuando uno de sus mundos inventados resulta que accede a la realidad. A Arthur Clarke le ocurrió con frecuencia, pero su nombre empezó a ser conocido dentro de la comunidad científica por una propuesta tecnológica publicada en 1945. En ella especula sobre la capacidad de los tristemente famosos cohetes alemanes para poner un satélite artificial en la llamada órbita estacionaria, es decir, una situación en la que el satélite gira sincrónicamente con el

planeta, por lo que se mantiene siempre en la vertical del lugar. La ciencia fundamental sobre la que descansa esta posibilidad está en la física de Newton del siglo XVII, retomada por visionarios de la astronáutica como Konstantín Tsiolkovski, Herman Potočnik o Hermann Oberth en los años veinte del siglo pasado. Las aplicaciones de la propuesta de Clarke son deslumbrantes. Los instrumentos orbitando en la ionosfera conectarían instantáneamente todo el planeta para miles de usos que hoy todos conocemos (Clarke había sido experto en radares durante la guerra). Versiones más detalladas de la idea circularon privadamente (uno de cuyos originales se guarda en el National Air and Space Museum de Washington D. C.) y fueron reimpresas en las revistas *Spaceflight* y *Ascendent Orbit*. El 6 de abril de 1965, veinte años después (!), se lanza el primer satélite de comunicaciones a la llamada Órbita de Clarke donde hoy se apretujan más de trescientos artefactos.

En el prólogo a *Cuentos de la taberna del Ciervo Blanco* (1957), Clarke no puede ocultar su orgullo por la anticipación de dos o tres pedazos de realidad. En el relato «Caza mayor», el autor anticipa la técnica del neurólogo español José Rodríguez Delgado quien, en los años sesenta del pasado siglo, paraba toros bravos en plena embestida con ondas de radio que enviaba a unos electrodos implantados en el cerebro del animal. En el cuento «El pacifista», un tertuliano de la taberna pretende haber derrotado a una máquina invencible en cierto juego mental, pero alguien descubre la trampa: una simple manipulación de cables le permite algo tan sencillo como jugar dos veces seguidas. Sin embargo, la situación sirve para plantear buena literatura. Llegará el día en el que las máquinas nos vencerán en los juegos mentales y llegará el día en el que se rebelarán y no se dejarán desenchufar. Los ordenadores ya han cambiado los reglamentos del ajedrez. Ya no se aplazan las partidas en los torneos. Ordenadores como el Deep Junior ya vencen a los grandes maestros en una altísima proporción. Pero Clarke sabe mejor que nadie que eso no significa todavía *pensar*. La película *2001: una odisea del espacio*, probablemente la mejor cinta de ciencia ficción de todos los tiempos junto con *Blade Runner*, no predijo la explosión de los ordenadores portátiles ni la de los teléfonos móviles. Por otro lado, sí anticipó cosas que no fueron reales en esa fecha y que quizá no

lo sean durante muchas décadas más. Una de ellas tiene que ver con una inquietante pregunta: ¿puede pensar una máquina? La cuestión tiene una enorme hondura científica, filosófica y literaria. Nuestros ordenadores actuales calculan y simulan con una potencia y velocidad colosales, pero el término Inteligencia Artificial acaso sea aún un abuso del lenguaje. Clarke plantea el problema en el guión de la película de Kubrick y en la posterior novela. Un ordenador puede ganar una partida de ajedrez al jugador más fuerte del mundo, pero no puede simular una sencilla conversación. Es el criterio de Turing: una máquina *piensa* si conversando con ella no podemos distinguirla de una persona. La complejidad es así de simple. Entonces sí, tras años de conversación la máquina adquiriría personalidad propia, identidad y autoconciencia. La conversación entre el ordenador Hal y el humano Dave al final del capítulo 28 de la novela es de un gran dramatismo literario y está genialmente planteada científica y filosóficamente para que no quepa la menor duda de que Hal piensa:

> —Dave —dijo Hal—. No comprendo por qué me está haciendo esto… tengo un gran entusiasmo por la misión… Está usted destruyendo mi mente… ¿No lo comprende…? Me voy a hacer infantil… pueril… me voy a convertir en nada…

Nuestros ordenadores de silicio y lenguaje formal no serán los que se rebelen, pero la rebelión quizás ocurra con los ordenadores biológicos o con los ordenadores cuánticos. ¿Magia? Es la tercera ley de Clarke: toda tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia.

Nobel y contranobel

El verdadero premiado no es quien recibe un premio sino quien lo da. Admitámoslo: el premiador no necesita especial talento y esfuerzo para ganar todas las ediciones del premio que convoca. Pero aceptémoslo: el concepto premio es simbiótico porque, aunque menos, los premiados también ganan. Aun así, reconozcámoslo: el beneficiario último no debe ser *el premiador* ni *el premiado* sino *lo premiado*, es decir, aquella obra capaz de hacer que una particular disciplina de conocimiento avance.

Los premios literarios ligados a una editorial son adelantos de los derechos de autor para los premiados y una publicidad de alta calidad para los premiadores, pero la verdadera beneficiaria debe ser la literatura. Los que más disfrutan dándose premios están sin duda en la industria del cine. La gala de los Oscar es la gran baza norteamericana y los festivales de solera son magníficas promociones para las ciudades que los organizan. Pero el genuino beneficiario ha de ser el cine. ¿Y los Nobel? Es el premio de los premios. Gana Suecia (que cada año se convierte en el centro del mundo), gana el galardonado (el *nobel* precediendo a su nombre es una suerte de tratamiento nobiliario) y, en general, gana también la Ciencia, la Economía y la Literatura (mejor dejamos la Paz en paz). El prestigio de un premio procede de sus premiados y el del Nobel es tan grande que sirve para nombrar la excelencia insuperable de cualquier otra clase de premio: la medalla Fields es el Nobel de la Matemática, el Pritzker es el Nobel de la Arquitectura, el Adam Przeworski es el Nobel de la Ciencia Política, el Hasselblad es el Nobel de la Fotografía… La mala noticia de los premios se da cuando los intereses de premiados y prendadores tienden a corromper la

creación y la creatividad. Una obra es conocimiento y, como todo el mundo sabe, conocimiento sin crítica es más grave que crítica sin conocimiento. ¿Cómo evitar el blindaje del conocimiento contra la crítica? La ciencia tiene un gran recurso: el humor. Pero atención: no se trata de cualquier clase de humor, no se trata de reírse del débil o del infortunado sino de uno mismo. El humor científico se parece más al humor surrealista de los hermanos Marx que al humor del darse de narices contra el suelo o contra una tarta de nata.

Los premios Ig Nobel se conceden anualmente, en una hilarante fiesta en la Universidad de Harvard, a investigaciones que *primero hacen reír y luego hacen pensar (sic)*. Los trabajos premiados suenan tan absurdos que su contenido y, sobre todo, su costo económico quedan automáticamente expuestos a una crítica intensa y extensa. Luego, a lo mejor resulta que no son tan absurdos y los galardonados acaban ganando notoriedad y recursos para su labor o incluso el Nobel de verdad. Casi nadie rechaza un Ig Nobel. Este año han triunfado títulos que parecen escritos por Jardiel Poncela: *Los escarabajos peloteros se orientan con la Vía Láctea cuando deciden volver a casa* o *Efectos de la música de ópera en ratones recién trasplantados de corazón*.

La inversión en investigación científica es un indicio claro del talante y del talento de todo colectivo humano. Últimamente me gusta repetir este aforismo:

> *Los países pobres creen que los países ricos hacen ciencia porque son ricos, mientras que los países ricos saben que si son ricos es porque hacen ciencia.*

Es la diferencia entre un país moderno y otro en vías de serlo que aún no se ha dado cuenta de la trascendencia de la investigación básica. Así de simple. No hace mucho, justo antes de la crisis, España era la octava economía del mundo al mismo tiempo que figuraba a la cola de Europa en cuanto a la inversión en ciencia nueva. Eran dos números contradictorios e insostenibles. La ciencia cuesta dinero, lo que implica kilos de estímulos y toneladas de autocrítica. Y no hay autocrítica en una atmósfera de humor

deficitario. El proyecto más caro de la historia, aunque fuera más político y militar que científico, fue el Apolo, que supuso 135 000 millones de dólares, el telescopio Hubble costó 6000 millones, el genoma humano 3000 millones, el GPS (Global Positional System) lleva gastados hasta ahora 14 000 millones y sigue subiendo. La plusmarca actual está en los 100 000 millones de la Estación Espacial Internacional. Como se puede ver, no nos podemos permitir un solo fallo de nuestro sentido del humor.

Las raíces triviales de lo fundamental

Todo individuo vivo tiende a perseverar su identidad (donde la identidad es la parte del individuo que tiende a perseverar)

Prometo no reincidir, pero permítaseme, por una vez, hablar de mi libro. La *energía* es una palabra precientífica, pero no gana su rigor y eficacia hasta después de Galileo y Newton. La palabra *información* fue, hasta la segunda guerra mundial, una mera sensación en el cambio del estado de ánimo. La ocurrencia de un suceso que tiene cierta probabilidad antes de ocurrir cambia el estado de ánimo de quien lo contempla. Solo después de pensadores como Shannon, Fisher, Turing y Jaynes el concepto gana solera y credibilidad. La palabra *museo* se ha cargado de polvo durante los últimos dos siglos y muchos museos de ciencia prefieren cambiar de palabra ante el temor de estimular el recuerdo de las hieráticas vitrinas decimonónicas (así es como han florecido los Experimentariums, Eurekas, Exploratoriums, etcétera). Sin embargo, existe otra opción: concebir buenos museos hasta que la palabra se dignifique de nuevo.

Bien, esta introducción es para preparar el salto del significado de otra palabra. Es el concepto *trivial*. La palabra tiene hoy un uso prioritariamente peyorativo *(solo ha dicho trivialidades, para decir trivialidades mejor no abrir la boca…)*. De hecho, en casi todos los idiomas existen dos sentidos diferentes de la palabra *trivial*. Por un lado, trivial es algo por todo el mundo conocido, una verdad común que se garantiza a sí misma y que, por lo tanto, no necesita apelar a la observación de la realidad para convencer a los demás. Por la misma razón, la realidad es incapaz de hacer mella en una verdad trivial. Pero, por otro lado también llamamos trivial a lo que no tiene

importancia, a lo que es incapaz de trascender, a lo que no tiene la menor posibilidad de contribuir a la creación de nuevo conocimiento.

Pues bien, estoy pensando que quizás haya que aceptar que lo trivial no es trivial, es decir, que la estructura de verdad autogarantizada de una proposición no tiene por qué significar, necesariamente, que la proposición sea intrascendente. Más bien al contrario, quizá se pueda afirmar que bajo cualquier ley fundamental de la naturaleza se esconda una raíz de estructura trivial [Wagensberg, 2010]. La trivialidad es una garantía de verdad, y para conseguir que esta tenga además cierta trascendencia, hay que construir un esquema conceptual idóneo inspirado, ese sí, en la percepción de la realidad que observamos en el mundo. Conviene distinguir tres clases diferentes de verdades autogarantizadas: las trivialidades circulares, las trivialidades blindadas y las trivialidades estadísticas.

Las trivialidades circulares son aquellas cuyo predicado ya está contenido en su sujeto. De cualquier buena definición surge una trivialidad circular. Por ejemplo: *Todo individuo vivo tiende a perseverar su identidad* (donde la identidad es la parte del individuo que tiende a perseverar). La evolución biológica y el mecanismo de la selección natural se asientan en esta clase de trivialidad.

Las trivialidades blindadas son aquellas que cubren todas las alternativas lógicamente posibles. Por ejemplo, *mañana o bien lloverá o bien no lloverá*. No hace falta esperar a mañana para recoger una constatación experimental. Otro ejemplo es la gran afirmación de Descartes: *El estado de movimiento de un cuerpo tiende a perseverar a menos que una causa no le obligue a lo contrario*. La primera ley de Newton, columna de la mecánica clásica, tiene esta estructura, donde la causa es, ni más ni menos, que la fuerza…

Las trivialidades estadísticas son aquellas cuya verdad está soportada por un número inmenso de casos representativos en contraste con lo que ocurre con cualquiera de sus alternativas posibles. Por ejemplo, el estado macroscópico del equilibrio termodinámico está representado por trillones de configuraciones microscópicas en claro contraste con cualquier estado que no sea de equilibrio. En tal trivialidad descansa el fortísimo y temido

segundo principio de la termodinámica según el cual, en un sistema aislado, cualquier tiempo pasado fue mejor.

Quizás estemos ante uno de los enigmas mejor guardados de lo más fundamental del conocimiento humano: su fuerza procede de una raíz trivial mientras que su trascendencia emana de un buen esquema conceptual extraído de una buena observación de la realidad de este mundo.

$\delta S = 0$: lo fundamental y lo bello

Hasta el miércoles, queridos, la clase de hoy ha terminado

En el año 1968 cursaba el segundo año de física en la Universidad de Barcelona. Recuerdo la fuerte impresión que me causó la primera clase del matemático Juan Bautista Sancho Guimerá, para nosotros, sencillamente Sancho. Se hizo esperar. Se hizo esperar mucho. Yo tenía un cuaderno nuevo abierto por la primera página en cuyo encabezamiento había escrito con brillante tinta negra y cuidadosa buena letra (la pulcritud de escritura solo me duraba los primeros treinta segundos de cada clase) la fecha y hora y el nombre de la asignatura: Geometría Diferencial. El murmullo crecía en ausencia del profesor hasta que de improviso, en el umbral de la puerta, se recortó su silueta semiencorvada, negrísima en el contraluz que daba al patio a media mañana. Era Sancho. Silencio expectante… Sancho se acerca al encerado. Escoge cuidadosamente un pedazo de tiza, lo sostiene en el aire durante una eternidad de dos segundos y de repente ataca a la pizarra para escribir con cinco vigorosos picotazos la expresión:

$$\delta S = 0$$

Taac-tactac-taaaaac. Acto seguido, y de espaldas, lanza la punta de tiza que vuela durante un trozo perfecto de parábola para aterrizar milagrosamente en su cajón. Sancho desaparece por donde ha venido. La audiencia queda en silencio y con la boca a medio abrir (o a medio cerrar)… Cuando el murmullo está a punto de restaurarse, Sancho aparece de nuevo por sorpresa:

¿Sorprendidos, muchachos? ¡Todo el conocimiento de la realidad está escrito en la pizarra! Reflexionad sobre ello. Hasta el miércoles, queridos, la clase de hoy ha terminado.

La verdad es que ya no volvimos a hablar en todo el curso de aquellos cuatro símbolos que desvirgaron la enorme pizarra la mañana del primer día y la verdad es que tardé varios años en comprender lo que Sancho quiso decir aquella mañana. También comprendí por qué no dijo más. Ni menos… La emoción ya había sido transmitida. El resto, si llegaba a existir un resto, dependía de uno mismo. La primera pista me llega meses después leyendo el elegantísimo libro de Landau y Lifshits [2005]: Mecánica. Hay otra manera de llegar a las ecuaciones fundamentales del movimiento de una partícula material. S es una propiedad llamada *acción*.

Pero ¿cuál es el significado físico de la misteriosa acción S? Su trascendencia está en la ecuación que escribió Sancho en la pizarra para encogemos el alma delante de la comprensión de la realidad del cosmos. Sí, porque S es la (nueva) magnitud del esquema conceptual que aparece en la solemne ecuación de donde ¡se deducen las leyes del movimiento, las leyes fundamentales de la mecánica!

Pero atención: el principio de la mínima acción (o mejor dicho, el principio de la acción estacionaria) va mucho más allá de la mecánica clásica. De hecho se aplica a toda la física teórica. De ella se deducen las ecuaciones fundamentales de la óptica geométrica, la dinámica de fluidos, el electromagnetismo, la mecánica relativista, la mecánica cuántica, la mecánica cuántica relativista, la gravitación (teoría general de la relatividad), la teoría clásica de campos, la teoría cuántica de campos, la teoría cuántico-relativista de campos, la teoría de las supercuerdas… Dicho de otro modo, cualquier ley fundamental de la física tiene detrás un principio que se puede escribir como $\delta S = 0$.

La siguiente pregunta es: ¿qué hay en la raíz de un principio tan general? ¿Un artefacto matemático? ¿Quizás una gran trivialidad? ¿Será que cualquier pedazo de realidad arranca siempre de una *acción S*?

Algunos autores, como Roger Penrose, han confesado su incomodidad frente a la supuesta hondura del principio de la acción estacionaria. Hace un par de años tuve la fortuna de cenar a su lado y me disculpo desde aquí por

la tabarra que le di sobre este asunto. ¡Desconfíe de la belleza!, me dijo, a veces demasiada belleza consigue que la razón descarrile… En aquel momento me vino a la mente la imagen de una bellísima medusa y en su presunto $\delta S = 0$, pero me tragué el comentario… Hace unos meses atendí una invitación para dar una charla en la Universidad de Salamanca donde me constaba que Sancho todavía vivía. Con gran emoción hice las gestiones para provocar un encuentro. No hubo problema para establecer contacto, pero el gran Sancho había fallecido pocos días antes de mi llegada…

Loto: la flor que convierte el agua en mercurio

La flor de loto, tan pura en su forma, se yergue impoluta sobre el lecho inmundo del pantanal desde donde brota, meciéndose en la suave brisa, en lo alto del tallo recto y frágil, por encima de las negras aguas que duplican graciosamente su imagen

La escena ocurre en Pekín, donde trabajo con un grupo de museólogos chinos en la concepción del nuevo Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Llueve finamente al entrar en el edificio. Ya en el ascensor me doy cuenta de que he visto algo que ha quedado grabado en mi retina sin que mi mente haya puesto del todo el sello de registro de entrada. Decenas de esferas de cristal resbalan sobre un tapete verde. Son esferas transparentes, brillantes, blandas… ¿Dónde he visto tal maravilla? Al llegar arriba pido regresar a la planta baja. Sin saber muy bien por qué, todos, solidariamente, me acompañan de nuevo a la entrada. No tardo en encontrar el prodigio. Allí, al aire libre, flanqueando la entrada, hay dos enormes macetas repletas de agua y plantas acuáticas. El agua de lluvia no moja las grandes hojas verdes, sino que forma gotas cuasirredondas que resbalan según distintas direcciones hasta caer, expulsadas, al charco oscuro del fondo de la maceta. Tomo de ahí toda el agua que cabe en mis manos y la vierto sobre una de las hojas. Primero, el agua responde al desafío con grandes gotas aplastadas que, casi inmediatamente, se rompen en gotas esféricas. Como si fuera mercurio. Hojas secas bajo la lluvia. ¡Loto!, exclaman casi todos mis colegas casi al mismo tiempo. Desenfundamos nuestras compactas. Unos tiran agua, otros toman fotos. *¿Por qué nadie me*

habló nunca de ello? Lo que queda de la tarde versa sobre cómo museografiar el prodigio. Todos de acuerdo: el fenómeno da para un buen espectáculo físico-biológico-artístico-visual-musical-teatral-tradicional-histórico-poético en la misma entrada del futuro museo.

Al parecer, muchas plantas acuáticas han adquirido esta propiedad superhidrófoba por selección natural. Pero ninguna con la perfección, la convicción y la intensidad de la *Nelumbo nucifera*. Tanto es así que este efecto, de evidente interés industrial, se conoce ya como el *Lotus effect*. Decenas de laboratorios en todo el mundo intentan hoy emular este efecto. No es para menos. Una superficie que repele el agua con tanta rabia no solo está seca. También está limpia. Sí, las gotas que no mojan equivalen a un genuino mecanismo de autolimpieza porque resbalan capturando y llevándose consigo las partículas de polvo y suciedad. En torno a cada gota de agua que descansa sobre una hoja coexisten tres estados de la materia: líquido (el agua), gaseoso (el aire) y sólido (la hoja). La forma de la gota depende del compromiso de fuerzas que sufre una molécula de agua cercana a la triple frontera. El aire siempre es aire y el agua siempre es agua, pero cuanto más débiles sean las fuerzas de atracción desde el sólido, más dominantes serán las fuerzas desde el interior del líquido. En otras palabras, cuanto menor sea la adherencia entre la superficie del sólido y la superficie de la gota, más esférica será la gota. Esto se puede medir por el ángulo que forma la superficie sólida con la tangente a la gota en cualquier punto de contacto. En una superficie de vidrio este ángulo es de unos 30°. En una superficie ligeramente hidrófoba (teflón antiadhesivo) el ángulo es de unos 100°. La hoja de loto está recubierta de una estructura de nanocristales de cera (de unos cientos de nanómetros) que obliga a una adherencia de casi 170° (una esfera perfecta daría 180°). Con esa delicadísima estructura la superficie de la hoja solo toca la gota con las puntas de los nanocristales. Es como sostener una pelota de baloncesto solo con tres dedos en lugar de con toda la extensión de la palma de la mano. El agua, sencillamente, no moja y las hojas de la flor de Loto se mantienen secas bajo la lluvia. ¿Cuál es la ventaja? ¿Evitar la putrefacción? ¿Mantener la superficie despejada para respirar? (Comprender en ciencia es buscar lo

común entre lo diverso: ¿por qué están siempre tan limpias y brillantes las alas de las mariposas?).

Tiempo después recibí un correo de mi amigo Ou Jiancheng:

> Tal como te prometí, te envío unas líneas de la «Oda al loto», del famoso poeta Zhou Dunyi (1017-1073). Como puedes ver, la flor de loto es aquí una metáfora de una persona virtuosa que se aferra a sus nobles principios en un mundo minado por la decadencia y la mediocridad.
>
> «La flor de loto, tan pura en su forma, se yergue impoluta sobre el lecho inmundo del pantanal desde donde brota, meciéndose en la suave brisa, en lo alto del tallo recto y frágil, por encima de las negras aguas que duplican graciosamente su imagen».

Sobre la fealdad de lo incomprensible

O por qué las mariposas siempre están limpias y brillantes mientras que los escarabajos siempre andan sucios y polvorientos

Se confunde con frecuencia, pero no es lo mismo: no es lo mismo comprender algo que estar acostumbrado a ese algo. Por ello conviene, de vez en cuando, revisar nuestras verdades vigentes por muy tradicionales y sólidas que estas puedan parecer.

Primer ejemplo. Tema: navegar y nadar. A nadie le extraña una estela blanca escupida por la popa de una embarcación a motor. Estamos habituados a la escena. Es normal. Siempre ha sido así. Algunos barcos, según sea su velocidad y tamaño, exhiben estelas realmente descomunales. Pero detengámonos un momento a pensar. Una estela es una mezcla violenta de aire y agua, es decir, la expresión de un colosal despilfarro de energía. Se trata en efecto de una energía inútil para la automoción y que se invierte íntegramente en agitar y calentar el mar. Ningún pez, reptil, mamífero o ave acuática deja estelas espumosas cuando se desplaza por el agua. ¿No será que las hélices y turbinas son un invento defectuoso o, cuando menos, mejorable? ¿No habrá alguna buena idea que copiar de peces, reptiles, mamíferos y aves acuáticas? Los peces y reptiles reptan en el agua con ondas transversales, los mamíferos se impulsan con ondas verticales, las aves vuelan literalmente bajo el agua… Solo *Homo sapiens* se divierte como un tonto chapoteando inelegantemente con sus artefactos por ríos, lagos, mares y océanos. Concedamos, pues, que una estela no es eficaz, por lo que tampoco es ética, por lo que ni siquiera es bella. Cambiemos ahora mismo de costumbre: miremos mal a las estelas, por lo

menos hasta que no quede claro que los números no salen cuando se trata de grandes velocidades o grandes volúmenes.

Segundo ejemplo. Tema: unir fuertemente dos superficies. A nadie le extraña que para lograr tal cosa, las superficies en cuestión se agredan entre sí con sustancias tóxicas, malolientes y contaminantes o con accesorios hirientes que las atraviesan salvaje y patológicamente de lado a lado. Nos parece normal incluso que el proceso sea poco menos que irreversible. Es normal porque, de hecho, hace muchísimo tiempo que es así. Pero ¿por qué aceptar tal «normalidad» si en muchos casos lo que interesa es justamente que la unión sea a la vez fuerte y periódicamente cancelable? En esos casos no es nada cómodo ir enganchando y desenganchando a cada paso. Curiosamente, también nos parece normal que un pequeño reptil como el geco sea capaz de moverse tranquilamente por paredes verticales perfectamente pulidas o, aun, cabeza abajo por el techo de una habitación. ¿Cómo consigue pegar las patas con una fuerza equivalente a centenares de veces el peso de su cuerpo y cómo consigue despegarlas luego a placer? Es una escena cotidiana de las noches de verano. Estamos acostumbrados a ella. También nos parece normal. Sin embargo, hace muy poco que hemos empezado a comprenderla. Para ello alguien tuvo que asombrarse de algo que (des)conocía de toda la vida. Así empezó una investigación en nanotecnología que pronto dará frutos con la producción de adhesivos limpios, secos y de una potencia jamás soñada.

Tercer ejemplo. Tema: la autolimpieza. A nadie le extraña que en ambientes polvorientos los escarabajos estén cubiertos de polvo mientras que las mariposas y las hojas de las plantas acuáticas aparecen siempre limpias y brillantes. ¿Cómo lo consiguen? ¿Cuánto ahorraríamos a nuestro bolsillo y a nuestro entorno con una pintura autolimpiadora para edificios?

Después del fuego (uno) y de las máquinas a vapor (dos), quizás estemos entrando en la tercera gran revolución industrial y tecnológica, la revolución de la imaginación y del sentido común. Es la era de la biomímesis [Pauli, 2011; Benyus, 2012]. Y acaba de empezar.

La física del Cirque du Soleil

La minúscula Valentina hace en el aire lo mismo
que hace un pez en el agua

La gravitación ha condicionado toda nuestra existencia desde aquel día remoto en el que fuimos una sopa de bacterias hasta la compleja humanidad que somos hoy. Cualquier par de cuerpos se atraen con esa fuerza o, si se quiere, todo cuerpo está sometido a la fuerza de gravitación ejercida por la suma del resto de los cuerpos existentes en la realidad. Sobre la superficie del planeta Tierra ese resultado global se llama peso.

El peso de un individuo vivo condiciona sus posibles movimientos: corriendo, saltando, reptando, excavando, nadando, buceando, planeando, volando… La vida surgió en el agua y la verdad es que ahí se quedó durante miles de millones de años. En el agua el empuje de Arquímedes anula el peso con facilidad, por lo que la movilidad en ella es suave, continua y delicada. El primer animal que logró salir del agua se encontró así con muchas posibilidades insospechadas, pero también con una sorpresa mayúscula: su propio peso. El precio por abandonar el paraíso marino tridimensional fue la servidumbre de permanecer pegados a la superficie del terreno por la inmisericorde fuerza de la gravedad.

Las nubes flotan en el aire por lo mismo que los peces lo hacen en el agua, pero hasta la invención del vuelo por parte de los insectos, hace unos 300 millones de años, nada vivo se desplazaba voluntariamente por el aire. Y hubo que esperar 200 millones de años más para que los primeros reptiles planeadores o las primeras aves voladoras centraran la envidia profunda del resto de las criaturas vivientes. La libertad es la clave del gozo.

Un raíl de tren o una carretera restringe la libertad a uno de los dos posibles sentidos de la marcha. Romper tal linealidad extiende la movilidad a una superficie y en ella crece la libertad de las direcciones posibles, pero ¡qué esclavitud, no poder despegar del suelo! En el interior de una selva se recupera la libertad de las tres dimensiones sin necesidad todavía de planear o de volar porque, si aquella es lo bastante tupida, entonces cerca de cada punto de un volumen pasa un soporte vegetal, una rama, un tronco o una liana. Un pez en el agua, un pájaro en el aire o un mono en la espesura de la selva disfrutan de la libertad del genuino espacio de tres dimensiones. Un tren elige linealmente, un animal terrestre elige superficialmente, pero un pez en el agua, un pájaro en el aire o un mono en la espesura de la selva eligen tridimensionalmente. Es la libertad suprema de movimientos en el seno de un campo gravitatorio. Es la emoción duradera del buceador, la emoción temporal del paracaidista, la emoción efímera del acróbata…

No había vuelto al circo desde que era niño, pero no hace mucho asistí al estreno del nuevo espectáculo del Cirque du Soleil en Barcelona. Creo que todavía no he acabado de cerrar la boca del todo. Todavía tengo, tres días después, la mente repleta de belleza, de color, de música y, sobre todo, de esa fellinesca ingravidez. Algunos amigos, más duchos en estos espectáculos, se sorprenden de mi sorpresa y me recomiendan que disfrute mientras pueda porque todo acaba cansando. He decidido no cansarme nunca de un espectáculo como este, y ya sé por qué puedo asegurar tal cosa:

El Cirque du Soleil es un espectáculo en sus plenas tres dimensiones. ¡Esto sí que es un genuino 3D! Pocos lo son. En general, cualquier otro espectáculo se desarrolla amorrado a un mundo de dos dimensiones obligado por la despiadada fuerza de la gravitación: teatro, cine, fútbol, ópera, música, danza, natación, excepto quizá por algún salto efímero en atletismo, baloncesto o *ballet*. Y tal cosa no se consigue con un truco óptico (nadie reparte gafitas a la entrada y las recoge a la salida); todo consiste en algo mucho más ambicioso como es anular y burlar las fuerzas de la gravitación según todas las formas imaginables. En efecto, un cuerpo surca el aire por caída libre, porque su peso está confiado a la tensión de un cable invisible, porque recibe el impulso de unos músculos o de otro material elástico, porque recibe el impulso de una palanca, porque sube o baja por un

artefacto en equilibrio inestable, porque un empuje de Arquímedes neutraliza el peso… Todo el colosal escenario está continuamente lleno de cuerpos que flotan, suben, caen, se deslizan, vuelan y planean por todo el volumen del espacio.

El caso más poético es el de la pequeñísima Valentina, suspendida de tres o cuatro enormes globos y evolucionando con elegantes piruetas sobre las cabezas de los espectadores. La minúscula Valentina hace en el aire lo mismo que hace un pez en el agua. El cálculo no es fácil porque el peso de Valentina ha de ser aquí ligerísimamente superior al empuje de los globos para así descender lentamente y elevarse a petición de cualquier estímulo (y no ligerísimamente inferior, con lo que acabaría condenada al techo de la carpa). La minúscula gran Valentina debe mimar la pequeñez de su cuerpo. Volar es bucear en el aire.

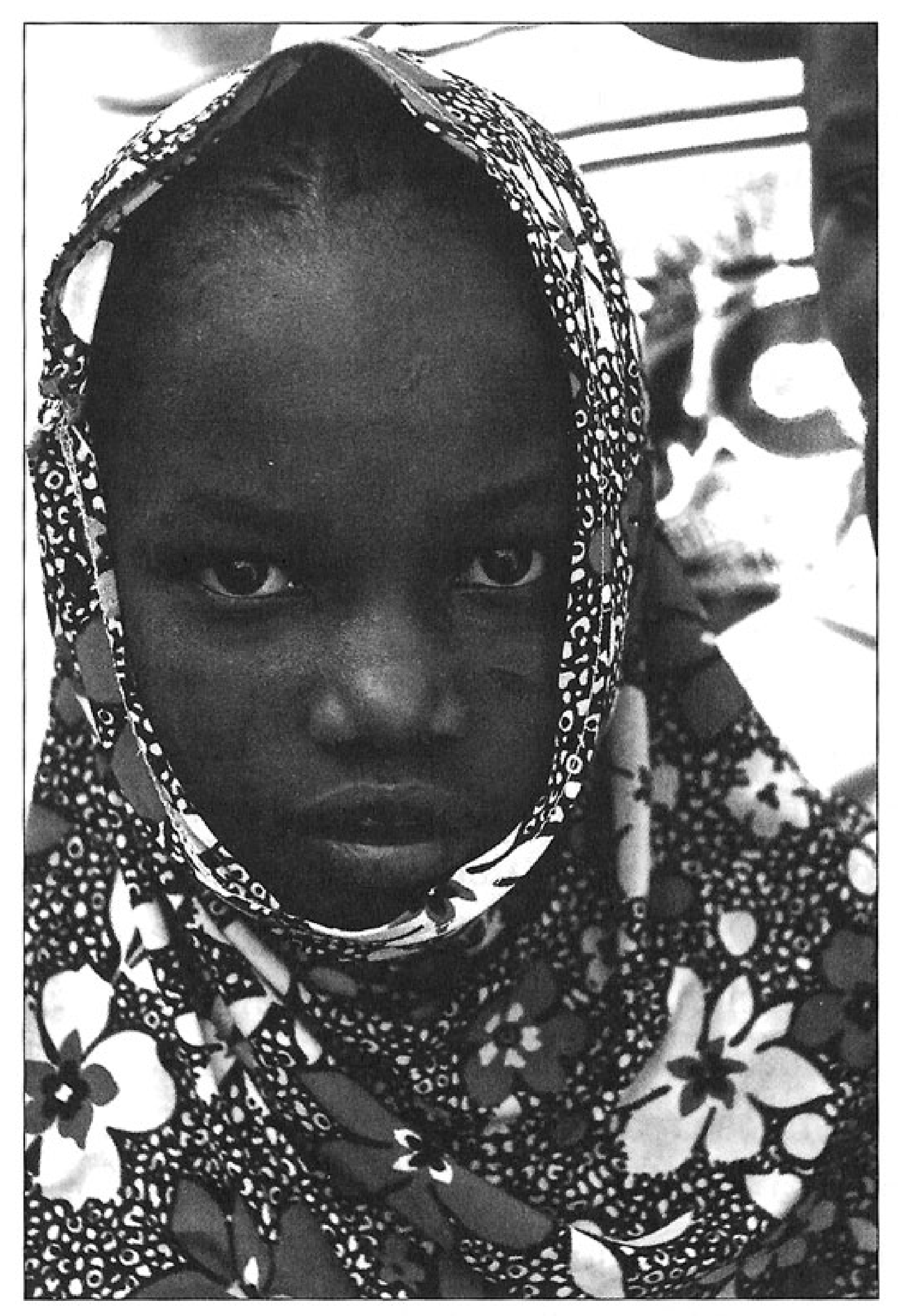
Camino de Djenné

La mezquita de barro más grande del mundo
se levanta en el paisaje cubista de una ciudad de barro

Llegamos a Djenné, en pleno delta interior del Níger, en la región de Mopti, Malí, África occidental, poco después de cruzar el río. Para ello hemos cargado nuestro vehículo en una barcaza tirada desde la otra orilla por un cable. Compartimos la travesía con varias familias, algunas cabezas de ganado y dos carros llenos a rebosar. Hoy es lunes y hay mercado en la ciudad. La superficie plana del agua oculta un fondo muy irregular del río: a babor acaba de sumergirse un hipopótamo con su cría mientras que a estribor pequeñas aves acuáticas corretean de aquí para allá con el agua cubriéndoles apenas los dedos de las patas. Ahora se entiende también la escena surrealista de una vaca pastando la hierba fresca de una minúscula isla de diez metros cuadrados en el centro mismo del río. Las noticias sobre secuestros en el norte del país han vaciado los hoteles, las cosechas no han sido buenas y la población hace lo que puede para subsistir.

Por la carretera que nos trae a través de la sabana vemos cuatro maravillas que dan qué pensar. En primer lugar están los majestuosos y solitarios baobabs. ¿Cómo puede un baobab ser tan diferente de otro? Yo diría por ejemplo (y de memoria) que un pino se parece mucho más a otro pino. Un baobab es un baobab, pero cada individuo parece tener su propia personalidad irrepetible: diferente fronda, diferente tamaño, diferente textura… La segunda maravilla aparece de vez en cuando entre los árboles. Son los termiteros gigantes construidos con una mezcla de tierra y saliva. Estas grandiosas construcciones alcanzan los tres metros de altura y en su interior las termitas consiguen un confort constante de humedad y

temperatura frente a la caprichosa incertidumbre del exterior. ¿Cómo se deshacen del exceso de calor y del anhídrido carbónico? ¿Es todo diseño y materia? Lo que veo me suena.



Mirada desde las profundidades de África.

Viajamos en un todoterreno de la Fundación Aga Khan sorteando toda clase de animales domésticos que parecen esperar a que lleguemos a su

altura para cruzar la carretera sin avisar: cabras, ovejas, asnos, vacas, caballos, perros… Son domésticos pero libérrimos. Deambulan sin restricción aparente de dirección y distancia. Tampoco hay marcas visibles ni indicio alguno de control humano… ¿cómo saben los dueños dónde están y cuáles son sus animales?, ¿cómo saben los animales dónde están y quiénes son sus dueños? Interrogo al conductor. Este se toma su tiempo para responder y finalmente lo hace con una sonrisa de oreja a oreja: «Pues lo saben, sencillamente lo saben, solo sé que lo saben».

La cuarta maravilla corta la respiración. Es la Gran Mezquita de barro de Djenné reconstruida en 2005 por la Fundación Aga Khan sobre las ruinas de un templo anterior que databa probablemente del siglo *XIII*. La arquitectura de adobe se remonta al despertar mismo de la civilización, pero una cosa es hacer una cabaña o una casa de una planta y otra muy distinta es levantar una mezquita de varias plantas. Y la de Djenné es la mezquita de barro más grande del mundo. Desde su terraza se domina una panorámica sobre el bullicio del mercado y sobre el paisaje cubista de las azoteas de la ciudad. Djenné es una ciudad de barro. Un ladrillo de adobe sumergido en un cubo de agua se deshace en poco tiempo; sin embargo, un edificio de adobe aguanta perfectamente la lluvia más furiosa e insistente. Todo es cuestión de buen diseño y mejor mantenimiento. Cada año se revoca toda la ciudad en una alegre y generosa fiesta colectiva. Con el tiempo, las formas se redondean y aumenta el grosor de las paredes. De tanto en tanto los muros se revocan, de cuando en cuando se rebaja y de mucho en mucho se reconstruye. Adosados al exterior de la mezquita se han previsto unos tanques donde se prepara el adobe con esmero: tierra, agua, paja, crin de caballo, resina de acacia… En el interior, el espacio ocupado por las paredes compite con el espacio útil. La sombra y el frescor del aire son sutiles en el interior, en contraste con la luz y el calor del exterior. La vida siempre es una dura negociación entre el dentro y el fuera. El progreso y la modernidad claman hoy por un nuevo reto: la sostenibilidad. Pero el adobe es sostenible por definición y por vocación. Una construcción de adobe abandonada a su suerte se funde en su paisaje inmediato sin dejar rastro.

La ciudad de Çatalhöyük, en Anatolia, existió hace nueve milenios y sus viviendas eran de adobe. Lo sabemos porque fue destruida por un incendio

que coció el barro y lo preservó. A lo largo de la historia y a lo ancho de la geografía son muchas las culturas que han descubierto el adobe por convergencia, es decir, sin tener el menor contacto entre ellas. Pero el adobe no es solo un logro de la cultura. La arquitectura natural se anticipó millones de años a la arquitectura cultural. Es el caso de las termitas y de otros insectos como la avispa alfarero o de ciertos pájaros, como los horneros, los flamencos, las golondrinas o las salanganas. Por ello me suena lo que veo.

La gran Lynn Margulis

¿Por qué no nos movemos como sabes moverte tú
y comemos como sé comer yo?

He aquí una fábula que bien podría ser la fábula de todas las fábulas. En otro tiempo muy lejano, tanto, que las bacterias eran los únicos seres vivos que vagaban por el planeta, sucedía que los individuos que comían bien se movían mal mientras que los que se movían bien comían mal. Tales limitaciones regulaban en cierto modo la competencia de las células por los recursos disponibles. Pero un día ocurrió que una bacteria gorda que comía muy bien, pero que nadaba muy mal, se comió a otra bacteria que comía muy mal, pero que era una excelente nadadora. Este episodio debió de ocurrir billones de veces durante la infancia de la vida en el planeta. Sin embargo, aquel día sucedió algo en verdad extraordinario porque la gorda no digirió a la atleta sino que le propuso un pacto simbiótico: ¿por qué no nos movemos como sabes moverte tú y comemos como sé comer yo? El pacto no fue nada fácil puesto que se tardó la friolera de mil quinientos millones de años en llegar a consumarse. La fábula ilustra el nacimiento de la primera célula eucariota, la célula-ladrillo que compone el resto del mundo vivo (todos los animales, plantas y hongos) a partir de simples aunque variados tipos de bacterias, las células procariotas. La clave no puede ser más clara: colaborar para competir mejor. La idea no contradice el mecanismo de la selección natural de Darwin (como algunos pretenden) ya que el resultado del pacto es finalmente bendecido o condenado según su grado de adaptabilidad a la incertidumbre del medio. Sin embargo, se discute la idea neodarwinista del cambio gradual. Una simbiosis es un atajo,

un salto discontinuo de la evolución, porque la situación un poco antes del pacto es muy diferente a la de un poco después.

La idea de la simbiogénesis es sin duda la idea más bella y potente de la biología después de la idea de la selección natural. Su máxima heroína, la gran Lynn Margulis, murió en octubre de 2011. Como ocurre a veces, la idea que triunfa tiene precedentes no muy bien comprendidos por la comunidad científica de su tiempo. Otros pensadores de la evolución, como el alemán Andreas Schimper (1883), el ruso Konstantín Merezhkovski (1910), el francés Paul Portier (1918) o el estadounidense Ivan Wallin (1927) ya habían especulado con la idea, ante la incomprensión y las críticas de la mayor parte de sus colegas. Pero tengo la impresión de que hay algo que comparten todos estos visionarios: la emoción por la belleza de la idea. Es cierto que todas las ideas con poderío se nos antojan además teorías bellas, pero no es menos cierto que la belleza no cuenta como argumento a favor de una idea científica. De todos modos, hay algo en el fondo del talante científico que susurra algo así como «es tan bello que tiene que ser verdad». La joven Lynn Margulis se enamoró de la simbiosis y fue ella quien finalmente logró describir con precisión las fases concretas del proceso que lleva de las bacterias a las células eucariotas. En ciencia no es suficiente con tener una buena idea. También hacen falta dos cosas más: intuir que la idea es trascendente y convencer de ello a los demás. La arrolladora personalidad de Lynn Margulis asumió la empresa. No fue nada fácil. El artículo seminal fue publicado en 1967 en la audaz y prestigiosa revista *Journal of Theoretical Biology* [Sagan, 1967], pero atención, después de haber sido rechazado hasta quince veces (¡quince veces!) por otras publicaciones especializadas de primera línea. Gracias a su empeño, la simbiogénesis es hoy en día una teoría consagrada que ya nadie discute y que ya va mucho más allá de las simples células [Margulis, 1998].

En 2003 Lynn me invitó a su cátedra de geociencias de la Universidad de Massachusetts, en Amherst, para dar unas clases a sus alumnos. Fueron tres días inolvidables. Se desplazaba a todas partes velozmente en bicicleta y tenía otra a disposición de sus invitados para que estos pudieran pedalear tras ella. Pero también le gustaba cambiar de ritmo. Un día me sorprendió con versos de Emily Dickinson recitados de memoria y a viva voz mientras

paseábamos clandestinamente por el jardín de la casa contigua a la suya. La casa de al lado no era una casa cualquiera, ¡era la casa donde había vivido siempre la genial poetisa!

Margulis era, se puede decir, de buena familia científica. Una de sus hermanas está casada con Sheldon Lee Glashow, premio Nobel de Física en 1979 con Steven Weinberg y Abdus Salam por la celebrada teoría de las interacciones electrodébiles. Otro de sus cuñados es Daniel Kleitman, doctorado en física con los nobel Julian Schwinger y Roy Glauber, y profesor de matemáticas en el MIT, donde ha hecho contribuciones notables a la combinatoria y a la teoría de grafos. Margulis fue además la primera esposa de Carl Sagan, el astrofísico consejero de la NASA y que sin duda fue el más grande divulgador científico de la historia. No pude evitar imaginarme, por un momento, lo que podía significar una cena de familia en aquella casa.

Un día que cenaba con Lynn en Barcelona se me ocurrió comentarle lo interesante que sería analizar los microorganismos que tienen las termitas fósiles en sus intestinos para estudiar la evolución de la simbiosis. «Tengo unas piezas de ámbar en el museo de veinte millones de años que…», comenté. Y no pude acabar la frase, ni la cena, porque no pudo esperar ni un minuto a ver el tesoro aquella misma noche. En el año 2002 [Wier et al., 2002] publicamos un artículo en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, que mereció la portada de la revista *Science News*. Años después quedó intrigada por una pieza encontrada en el desierto del Sáhara y que se muestra en CosmoCaixa como ejemplo de una realidad de origen desconocido. En el museo su función es ilustrar el hecho de que no lo sabemos todo, que el visitante no llega demasiado tarde a la ciencia, que la ciencia siempre está por hacer. Meses después Lynn organizó su propia expedición para obtener muestras similares con las que iniciar una investigación de cuatro años. Hoy está a punto de publicarse el resultado. Es la tesis doctoral de uno de sus discípulos. Un misterio menos y un pedazo más de conocimiento.

Así era Lynn Margulis. Gracias, Lynn, por haber existido.

2
Método



Orden en el Museo de Historia Natural.

El día en el que bien pudo empezar la ciencia

Hubo un día en el que la evidencia se impuso públicamente por primera vez a la autoridad competente

Cualquier verdad científica es revisable. Por definición. Es uno de los requerimientos del método. La verdad científica no se blinda contra la realidad de este mundo. Una verdad que siempre es compatible con la realidad puede ser incluso cierta *(mañana lloverá o no lloverá)*, pero no es científica. La verdad científica ha de correr el riesgo de ser desmentida por la realidad (*mañana lloverá* puede resultar falsa, pero es científica). En ciencia, cambiar de verdad no es una vergüenza o un descrédito, como ocurre en muchas otras formas de conocimiento. El cambio de opinión no se lamenta. Se celebra. En pocas palabras: en ciencia, ante la duda, la última palabra la tiene siempre la realidad. Lo que mejor hace la realidad es refutar: una sola excepción acaba con la regla. La realidad es la máxima autoridad para refutar. En cambio, la confirmación de una regla necesita infinitos casos ya que nada impide que sea el caso siguiente el que traiga la primera refutación de la mano. Por ello el tiempo es la máxima autoridad para confirmar. Pero la evidencia experimental no siempre ha tenido este papel prioritario. En otros tiempos podía primar el prestigio de quién había enunciado la última verdad, una creencia, una tradición… El tránsito se dio, cómo no, en el Renacimiento. La historia que sigue ocurrió un día en presencia de Galileo y bien podríamos tomar ese día como el día en el que despegó la ciencia moderna. Es una historia poco conocida y las cosas bien pudieron ocurrir así.

Galileo Galilei tiene un amigo médico que acaba de hacer un descubrimiento turbador. Ha diseccionado un corazón humano y lo ha

examinado con atención. Cree interpretar lo que ve. El corazón está dividido en cuatro compartimentos separados entre sí por una especie de válvulas. El problema es que, hasta aquel momento, la última palabra sobre el tema es nada menos que de Aristóteles. ¿Qué hacer? ¿Cómo comunicar su descubrimiento sin enfurecer a toda la escolástica en pleno? ¿Qué clase de vanidad hace falta para romper con una creencia que ha perdurado durante varios milenios? Galileo mira a su amigo con el máximo interés. Se trata de un pulso entre el peso de la autoridad vigente y la fuerza de una nueva evidencia. Galileo sugiere a su amigo que convoque a la intelectualidad de Florencia en la sala de anatomía y le anima a comunicar su observación. El amigo no las tiene todas consigo, pero accede. Y el día llega. En la impresionante sala troncocónica, Galileo está sentado en la primera fila, o sea, en el nivel más bajo, junto al cadáver recién diseccionado, junto a su amigo, que acaba de cortar el corazón limpiamente y sostiene una mitad abierta en cada mano. A Galileo le brillan los ojos como a un niño mientras repasa el semblante serio de las doscientas autoridades invitadas al acto. El médico anuncia con voz aguda y vibrante la nueva verdad. La autoridad de todas las autoridades presentes se levanta y corta el silencio creado por la osadía del médico. Con fuego en la mirada y una voz profunda dice:

—¿Insinúas que Aristóteles miente?

Una ola de susurros se propaga dando una vuelta completa a la sala. El médico mira a Galileo, Galileo le guiña los dos ojos a la vez. Se hace un silencio atronador. Galileo logra dominar los músculos de la sonrisa pero sonríe con la mirada. El médico avanza hacia la autoridad de las autoridades con los brazos extendidos hacia adelante y medio corazón en cada palma abierta hacia arriba. La autoridad baja la vista lentamente y se enfrenta a la evidencia. Las autoridades vigentes y presentes contienen la respiración y miran expectantes a su autoridad suprema. La tensión crece hasta hacerse insoportable. La autoridad de autoridades levanta la mirada muy despacio, respira hondo y recorre una por una las doscientas mira das presentes. Galileo sonríe ahora abiertamente, de oreja a oreja. Gana la evidencia. Quizá no sea la primera vez que ocurre, pero sí es la primera vez que se reconoce en público. Por fin, el médico sonríe también.

Sin respuesta por falta de pregunta

Si Dios es eterno y creó el mundo,
¿en qué se ocupó durante su primera semieternidad?

Resulta curioso constatar la distancia que puede mediar entre el tamaño y complejidad de una pregunta y el tamaño y complejidad de su respuesta. Existen, en efecto, preguntas muy cortas y simples cuya respuesta no cabe en un libro de quinientas páginas. Una de estas preguntas me llega de repente nada menos que procedente de un niño de once años: ¿por qué existe algo en lugar de nada? Uf, uf. Pensadores como Aristóteles o Heidegger han dedicado buena parte de su vida a buscar una respuesta para esta misma pregunta. La cuestión que Heidegger se formula al principio de *Ser y tiempo* (para muchos la obra cumbre de la filosofía del siglo XX) pesa solo seis palabras: *¿cuál es el sentido del ser?*, y sin embargo aún no ha conseguido aterrizar en una respuesta finita. La angustia existencial es parte de la condición humana y no hay pensador, niño o adulto, intelectual o artesano, creyente o ateo, científico o poeta, que no la sufra aunque solo sea durante unos pocos instantes de su vida.

Es posible que la angustia que provocan preguntas como esta proceda de la desesperación que produce la incapacidad para inventar una respuesta cualquiera, aunque sea una respuesta falsa. ¿Qué clase de respuesta estaría dispuesto a aceptar un pensador que pregunta por qué existe algo y no nada? Podemos dividir las preguntas sobre la comprensión de la realidad en dos grandes familias: las preguntas con respuesta imaginable y el resto de las preguntas. Las preguntas que se hace la ciencia son de la primera familia. Más aún, cuando un científico consigue formular una pregunta correctamente es porque tal pregunta ya está dedicada a una presunta

respuesta, es decir, la trae bajo el brazo. De hecho, las únicas preguntas claras son las que ya tienen respuesta. En cambio, la pregunta sin respuesta imaginable no suele ser aún una pregunta definitiva sino, en todo caso, una aproximación de pregunta. A este grupo de inquietantes preguntas pertenecen, entre otras, las que bien podrían llamarse falsas preguntas. ¿Qué es una falsa pregunta? No es tan difícil de identificar. Una falsa pregunta es una pregunta que no tiene respuesta imaginable, pero que no la tiene por una razón: porque la pregunta contiene ya, en sí misma, alguna clase de contradicción. A los físicos nos abordan por la calle con preguntas como esta: ¿cómo era el universo antes del Big Bang?, ¿eh?

La respuesta de que no hay respuesta por falta de pregunta suele irritar a los curiosos de la física. En efecto, los físicos reaccionan a la pregunta rechazándola. *Aunque parezca lo contrario, tu pregunta no es una pregunta verdadera, o sea, no hay pregunta*. ¡Cómo que no hay pregunta! Pues no. Una pregunta no se consigue solo cerrando una frase cualquiera con un signo de interrogación. En este caso no hay pregunta porque la frase está contaminada por una contradicción. Si se menciona el Big Bang es que estamos dentro de la teoría cosmológica según la cual la realidad tiene un principio que, además, es también el principio del tiempo. El tiempo nace con el Big Bang, por lo que la partícula lingüística *antes* se usa ilegítimamente en la pregunta, no tiene el menor sentido. No se puede nombrar nada anterior a la creación del tiempo. O sea, no es que la pregunta carezca de respuesta, ocurre que no hay respuesta por la sencilla razón de que tampoco hay pregunta.

Ahora me enfundo en mi propia piel cuando, siendo yo ese niño de once años, fui asaltado por una de esas preguntas turbadoras. Turbadora, pero fresca. Si Dios es eterno y creó el mundo, ¿en qué se ocupó durante su primera semieternidad? ¡Cielos! La pregunta introduce, como mínimo, una curiosidad teológica. ¿Algo que comentar antes de recurrir al socorrido misterio? Quizá no haga falta llegar a tal extremo. La pregunta sobre la pasividad semieterna del Creador se parece demasiado a la pregunta sobre la realidad anterior al Big Bang. El tiempo físico se crea en el mismo instante de la creación de la realidad física, pero ¿cuál es el tiempo del Creador? Solo dentro de la ciencia existen siete u ocho concepciones

distintas del concepto tiempo: el tiempo prescindible de la física clásica, el tiempo irreversible de la termodinámica, el tiempo acelerado de la fisiología del cuerpo, el tiempo propio de la relatividad, el tiempo de la incertidumbre cuántica, el tiempo de la gravitación, el tiempo caótico de las bifurcaciones históricas… Endosar el tiempo humano directamente al tiempo divino es sin duda una osadía que especula demasiado sobre la agenda, el horario y el calendario del Eterno.

En ambos casos conseguimos evitar la búsqueda de una respuesta por el sencillo procedimiento de triturar la pregunta. Y en ambos casos, también es verdad, nos quedamos con una insatisfacción latente que, tarde o tempano, intentará abrirse camino por otro lado. Quizá con otra pregunta menos falsa.

El tamaño como leyenda

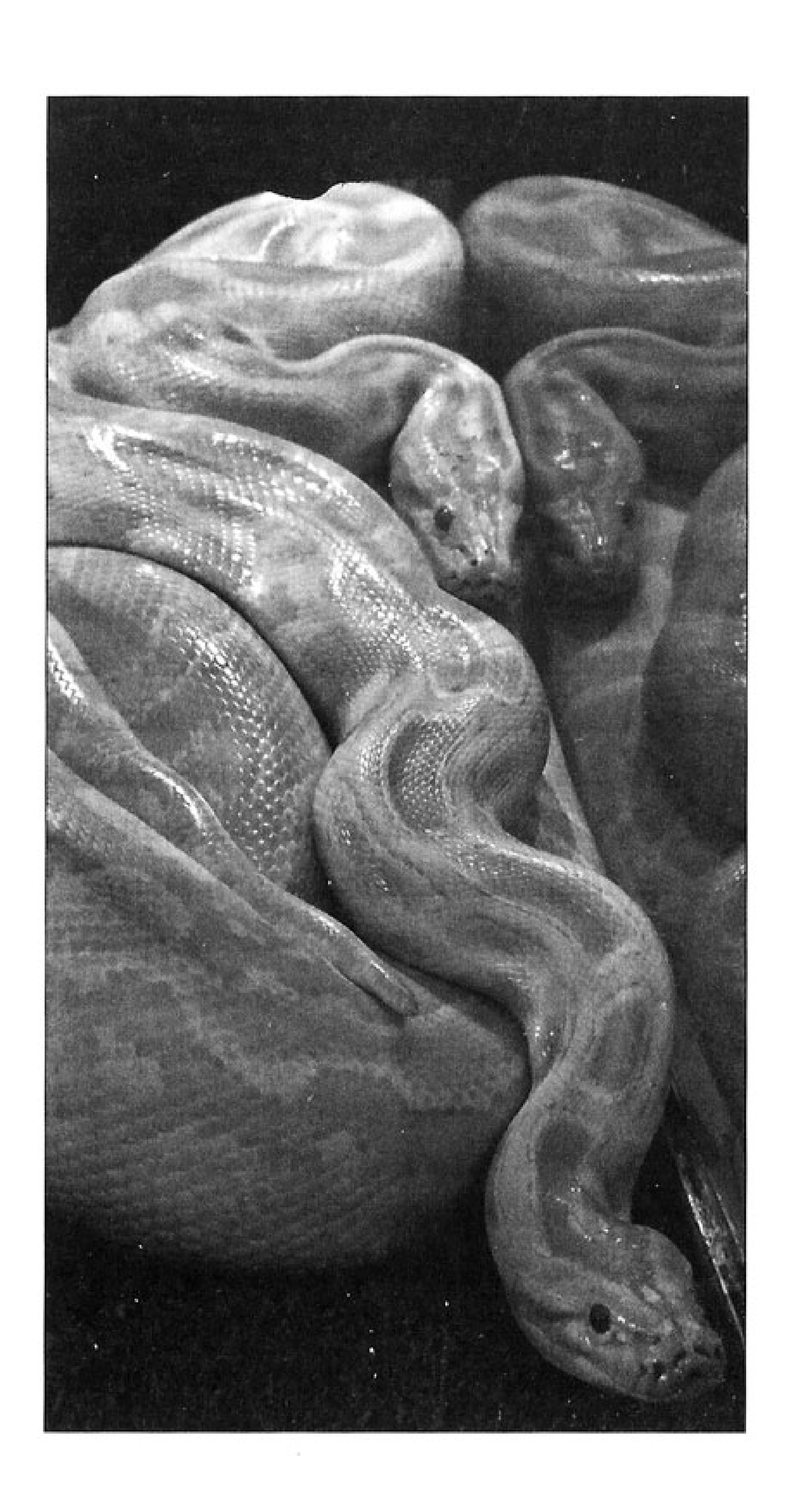
Conocimiento sin crítica es más preocupante que crítica sin conocimiento. La primera alarma de que algo no va bien se enciende cuando alguien se toma la crítica como una deslealtad. Es el preámbulo del misterio, de la superstición y de la leyenda. Para la ciencia, un misterio es solo una comprensión fallida, y una superstición, un mero placebo existencial.

Pero a veces, cuando la crítica baja la guardia, ocurre que una minúscula fluctuación de creencia individual se amplifica y acaba arrastrando a todo el pensamiento colectivo sin que nadie sepa bien de dónde procede ni cómo ha llegado hasta allí. Son las leyendas científicas, y haberlas las hay. Todo empieza con algo que suena verosímil y que se propaga sin demasiada resistencia. Luego resulta que ese algo es muy eficiente para perpetuarse a sí mismo por simple tradición y, sobre todo, muy eficaz a la hora de sostener otros argumentos. Y así, poco a poco, la idea gana solera y rango de verdad consolidada.

A veces, uno duda de ciertas afirmaciones recurrentes, pero tiende a alejar el fantasma porque no en vano el sentido crítico se le supone al científico como el valor se le supone al soldado. Un ejemplo: hace años que me intriga la afición que tienen los paleoantropólogos por el volumen del cerebro como un indicio fiable del grado de humanización de un individuo.

Se diría (hace tiempo que se dice) que el tamaño sí importa para homínidos y hornos. Y eso a pesar de por lo menos dos flagrantes excepciones. Una es por exceso: *Homo neanderthalensis* nos precede en la evolución y sin embargo su cerebro era algo mayor que el nuestro. La otra

es por defecto: *Homo floresiensis* es un individuo del género homo que vivió hace solo 12 000 años en la isla indonesia de Flores y sin embargo su cerebro era minúsculo, comparable al de un chimpancé (426 centímetros cúbicos) o al del *Australopithecus afarensis*, el primer bípedo que vivió hace más de cuatro millones de años.



La frase que dice que la excepción confirma la regla es una de las más absurdas que se pueden pronunciar en ciencia. Recuerdo que una vez decidí dejar de dudar en la intimidad y, en un congreso que tenía lugar en el museo, le pregunté a Juan Luis Arsuaga: «Oye, si el tamaño del cerebro importa tanto, ¿por qué no escriben poemas los elefantes?». «Por favor, ¡somos profesionales!», me contestó. Un intento de respuesta algo más piadoso consiste en aludir al tamaño relativo del cerebro respecto del resto del cuerpo. Está claro: si dividimos el tamaño del cerebro por el del cuerpo completo, entonces —uf, ¡qué alivio!— elefantes y ballenas quedan por detrás de los humanos. Pero si de lo que se trata es de escribir un poema, ¿cómo puede molestar la parte del cuerpo que no es cerebro a la parte del cuerpo que sí lo es? ¿Disminuyen acaso las prestaciones de un ordenador por atornillarlo a un lastre de cien kilos? Ya lo sabemos, el volumen del cerebro persiste intacto en el registro fósil, cosa que no ocurre con la densidad de sus neuronas. Quizás eso haya favorecido que la leyenda del tamaño haya llegado hasta aquí, sí, pero no ha sido para quedarse.

Suzana Herculano-Houzel es una joven neurofisióloga brasileña que en 2001 preparaba, con su colega Roberto Lent, la publicación de un libro sobre el cerebro con el sugestivo título *Cien mil millones de neuronas*. De repente, Suzana se quedó mirando a Lent y le soltó: «¿Cien mil millones de neuronas? ¿Seguro? ¿Quién las ha contado?». Ambos deciden entonces revisar concienzudamente toda la información disponible de cabo a rabo. Nada: nadie había contado nunca el número total de neuronas de un cerebro. Más aún, otro dato muy asentado es que hay diez células glía (células de soporte) por cada neurona. Nada: tampoco había el menor rastro sobre ello. Suzana y Roberto inventan entonces un fino y preciso sistema de contaje llamado fraccionador isotópico [Herculano-Houzel y Lent, 2005], que consiste en hacer un zumo de cerebro en el que no sobreviven las células pero sí sus núcleos. Y un alumno de Lent llamado Francisco Acevedo se pone pacientemente manos a la obra. La sorpresa es mayúscula. El cerebro humano no tiene 100 000 millones de neuronas como reza la leyenda, sino una media de solo 85 000 millones. Además, la proporción de células glía respecto de las neuronas no es de diez a uno sino de uno a uno.

El equipo de Suzana se pone a estudiar también la población neuronal de todos los pasajeros del Arca de Noé. Ahora sabemos que las enormes cabezotas de los elefantes apenas alojan unos treinta mil millones de neuronas, lo que supone un déficit de trillones de conexiones respecto de los humanos. Ahora se comprende mejor por qué no escriben poemas. Ahora sabemos también que los cerebros más densos en neuronas del reino corresponden a primates y a cetáceos. Los números y la intuición se reconcilian. Fin de la leyenda. Ahora sí.

Elogio de lo superfluo

La condición humana siempre está en el origen
y en el fin de toda literatura

Observar es buscar diferencias entre cosas similares. Comprender es encontrar similitudes entre cosas diferentes. La ciencia avanza balanceándose sin cesar entre la observación y la comprensión: de la una a la otra, de la otra a la una. ¿Y el arte? Decir: *en el fondo, ciencia y arte son una misma cosa* es tan superficial como afirmar: *en el fondo, ciencia y arte no tienen nada que ver*. Los dos extremos son falsos, pero con el mérito de ponerle límites a una verdad que se despliega entre ellos.

La relación entre ciencia y arte tiene interés tanto por sus convergencias, que las hay, como por sus divergencias, que también son notorias. Afinando el foco, lo mismo ocurre entre la ciencia y formas más particulares del arte (ciencia y pintura, ciencia y música, ciencia y literatura…), o entre el arte y construcciones más propias de la ciencia (arte y matemática, arte y física, arte y biología…). Ensayemos, por ejemplo, un careo entre ciencia y literatura. La ciencia es una forma de conocimiento. También la literatura. Todo lo que no es la realidad misma es ficción. Cualquier literatura, incluido el ensayo es, en rigor, una ficción de la realidad. La ciencia, cualquier ciencia, no lo es menos. Sin embargo, la ciencia es más bien una teoría, la literatura más bien una práctica.

La ciencia empieza con la comprensión del mundo y acaba narrando historias, historias que reconstruyen el pasado (cómo ha llegado este paisaje a ser como es), historias que anticipan el futuro (cómo llegará este paisaje a ser lo que será). La literatura empieza narrando historias, pero nunca descarta dar con alguna comprensión de la realidad. La ciencia es la forma

de conocimiento que más se protege contra la ideología y las creencias de sus creadores. La literatura quizá sea la más eficaz para envolver y transmitir creencias, ideologías o meras intuiciones. El científico, para lograr esta higiene ideológica, se impone una drástica cirugía en tres actos.

El primero y más doloroso consiste en expulsar el Yo de sus contenidos. Con buena objetividad se gana buena universalidad. La ciencia es de uno para todos, aunque sea al alto precio de borrar a ese uno del mapa. En el segundo acto se decanta todo lo presuntamente superfino, un nuevo sacrificio para la identidad del autor que ve con tristeza cómo lo más propio de sí mismo se escapa por el desagüe. El premio en este caso tampoco está mal: se trata de anticipar la incertidumbre, la supervivencia. Y el tercer acto consiste en la persecución implacable del error. El científico avanza con el error, vive con, para y del error. Para ello no deja nunca de enfrentar su verdad con la realidad que pretende comprender. En caso de duda se impone la evidencia experimental. El autor corta por lo sano todo lo que huela a incoherencia o a vacío, y con ello se despoja de las complejidades que más le distinguen como ser humano. Pero esto también tiene premio. Gracias a la obsesión por detectar y machacar contradicciones, la ciencia, necesariamente, progresa.

Paradójicamente, cada uno de estos tres sacrificios esconde un gozo intelectual. Separar el Yo de la realidad inaugura el placer de la conversación entre la mente y su mundo exterior (uno). Decantar lo superfino produce el más intenso de los gozos intelectuales, aquel que *cae* con toda nueva comprensión o con toda nueva intuición (dos). Y de la persecución de contradicciones arranca nada menos que el proceso cognitivo entero. Es el estímulo (y tres): la constatación de que algo se mueve, el anuncio de que algo está a punto de cambiar.

Pero, atención, la mala noticia es que el científico no publica tales gozos intelectuales. Cada gozo intelectual implícito es un efecto colateral de una exclusión primaria. En ciencia lo prioritario es comprender el mundo y para ello se sacrifica el Yo, lo superfluo y el error. El gozo intelectual asoma solo desde la sombra para crear una íntima adicción al conocimiento científico. En literatura, curiosamente, se invierten los términos. Si hay algo prioritario buscado por un escritor cuando escribe o por un lector cuando lee, eso es,

justamente, alguna clase de gozo intelectual. Y si en el intento resulta que ganamos algo de la comprensión del mundo o de la condición humana, entonces viva la literatura. Quizás esté aquí la clave de una fecundación mutua entre ciencia y literatura. La ciencia se acerca a la literatura aflojando las tuercas del método científico, la literatura a la ciencia apretándolas. Delicadamente.

Lo primero equivale a tres cosas: el rescate del Yo, el elogio de lo superfino y el indulto del error. ¿Gana algo con ello la ciencia? Bueno, no es lo mismo aflojar el método, después de haber obtenido sus beneficios, que no aflojarlo porque nunca ha estado apretado. La diferencia es colosal: después del sacrificio en tres actos, uno gana indicios sobre cuál es la parte de uno mismo que compromete la buena comprensión de la realidad. El científico encontraría así un camino para romper su soledad cósmica y para sopesar con más precisión dónde termina su *rigor científico* y dónde empieza su *rigor mortis*. La ciencia no se hace solo con método científico porque este sirve para tratar ideas, pero no sirve para capturarlas.

Simétricamente, acerquémonos ahora a la ciencia desde el territorio literario. En este caso, el ejercicio consiste en descentrar el Yo, evitar un empacho con lo superfino y en tratar mínimamente los errores. Suavemente. Muchos autores, como Borges o Melville, habitan este territorio fronterizo con plena naturalidad. Pero vaya por delante la obviedad de que ello no es condición necesaria ni suficiente para ser un gran escritor. Es el caso de Kafka, o de Proust, cuya garra literaria nadie discute. Pero ¿gana algo la literatura aventurándose hacia la ciencia? La condición humana siempre está en el origen y en el fin de toda literatura. Pero digamos que la comprensión de aquella da un salto significativo cada vez que alguien empuja el Yo fuera del centro del escenario. Moisés apartó el Yo humano de la cohabitación con los dioses, Copérnico empujó el Yo terrícola fuera del centro del cosmos, la Revolución norteamericana y la Revolución francesa descentraron el Yo aristócrata y Marx lo intentó con el Yo burgués, Darwin barrió el Yo de *Homo sapiens* del centro de la evolución y Freud desplazó el Yo consciente del centro de la comprensión de sí mismo.

No: descentrar el Yo en literatura no puede ser malo. El ejercicio abre nuevos caminos hacia la comprensión de la condición humana y, de paso,

reduce el riesgo de contar siempre la misma historia. Lo superfino no tiene por qué ser vergonzante pero tampoco es necesariamente un gran honor. Los diferentes géneros literarios se asocian a su capacidad para asimilar carga superfina: mayor la de un novelón de mil quinientas páginas que la de una novela de trescientas, mayor la de una novela que la de un cuento, la de un cuento que la de un poema y la de un poema que la de un aforismo. Todo bien. Es decir, pensando solo «a peso» ya se puede decir que un aforismo es más científico que una novela y un poema lo es más que un cuento. No: dosificar lo superfino y tratar las contradicciones tampoco puede ser malo dentro de cada género literario. Y es ahí, bajo lo superfluo y de entre los errores, de donde puede brotar un nuevo recurso o un nuevo discurso.

Revolver lo superfluo y las contradicciones significa para la literatura remover la tierra que pisa. Incluso es posible que, durante este proceso, la literatura tropiece con un gozo intelectual científico, lo desentierre y nutra con él alguna de sus historias [Wagensberg, 2009].

Elogio del error

La crítica sin conocimiento es indicio de crítica inmadura, el conocimiento sin crítica es el indicio delfín del conocimiento

¿Aprendemos más de los aciertos o de los errores? Un ente vivo aprende de un error solo si sobrevive a su ocurrencia. O bien: los depredadores aprenden más bien de sus errores, las presas más bien de sus aciertos. El error erosiona la autoestima del individuo pero es útil para adquirir nuevo conocimiento. El acierto halaga la autoestima del individuo, pero no es tan útil para seguir aprendiendo. Evolutivamente solo se aprende de los aciertos. Los errores quedan aparcados en la cuneta de la historia. En el conocimiento científico se avanza de error en error hasta que se acierta, no tanto de acierto en acierto hasta que se falla. En general, es mucho más seguro que un error sea un error que el que un acierto sea un acierto. Si tomamos una decisión al azar es mucho más probable que sea un error que un acierto. En ciencia, el error es siempre bastante definitivo, el acierto siempre bastante provisional. En el conocimiento artístico ocurre exactamente lo contrario. El hecho de que alguien se conmueva con la Sinfonía Concertante de Mozart significa un acierto que nadie puede cuestionar. En el conocimiento revelado se avanza poco porque la revelación, por definición, nunca se equivoca. El error, sencillamente, no existe. La realidad ni siquiera tiene margen para señalar, anunciar o denunciar errores revelados.

¿Qué es un error? ¿Qué es un acierto? En la adaptación de un ser vivo a la incertidumbre de su entorno tanto el error como el acierto tienen un claro indicador: la perseverancia. Un acierto ayuda a seguir vivo, un error dificulta tan ilusionante propiedad. En ocasiones es el acierto, otras veces es

el error, pero uno u otro, o ambos a la vez, cumplen una función trascendente: intervenir decisivamente en la batalla de un ente vivo por seguir vivo.

Esta breve reflexión viene a cuento de un problema que anida en todas aquellas realizaciones culturales que logran sobrevivir sin crítica. Entendemos por crítica, sencillamente, el reconocimiento de la existencia de errores y la intención de tomar buena cuenta de ellos. Crítica sin conocimiento es grave, pero mucho más grave aún es conocimiento sin crítica. Una forma de conocimiento para la que todavía nadie ha inventado una manera natural de ejercer crítica es un conocimiento castrado para conducir su propia evolución. No existen muchos casos, pero sí alguno.

No se puede presentar una exposición de pintura o de escultura sin que aparezca, tarde o temprano, la correspondiente crítica. Buena o mala, pero crítica. No se puede estrenar una obra de teatro sin que los medios se hagan eco inmediato sobre el texto, la escenografía, los actores… No se puede inaugurar un edificio emblemático sin que la prensa y las revistas especializadas comenten la globalidad y los detalles de la arquitectura, por dentro y por fuera. No se puede publicar una novela sin que la crítica ejerza de tal. No se puede acudir a ver un partido de fútbol y regresar a casa antes de que una crítica en extensión y en profundidad esté ya disponible en la red… Sin embargo se puede abrir un museo de ciencia que ha costado años de concebir y decenas de millones de euros sin que ocurra nada especial. Se puede abrir una exposición de ciencia en un museo sin que se publique nada más que la noticia o lo que se vierta en la conferencia de prensa. Un museo puede mostrar es sus vitrinas un frutero de oro de varios siglos y exhibirlo con una manzana de plástico dentro para aclarar su uso… y no pasa nada. Un museo puede exhibir objetos totalmente ocultados por los reflejos de las vitrinas vecinas… y no pasa nada. Un museo puede exhibir una pieza de cerámica con una espiral dibujada y acompañarla con la siguiente etiqueta aclaratoria: «pieza de cerámica con una espiral dibujada»… y no pasa nada. Un museo puede reducirse a un vídeo o un multimedia o a un libro en la pared… y no pasa nada. En otras palabras: nadie ha inventado todavía la crítica natural, regular y cotidiana de la museografía científica. Los errores en museografía ni se conocen ni se reconocen. No hay mayor error que una

crítica dedicada solo a cantar aciertos. El joven periodista o el joven científico que decida iniciarse en este nuevo oficio se convertirá sin duda en el padre de todo un género. La crítica sin conocimiento es indicio de crítica inmadura, el conocimiento sin crítica es el indicio del fin del conocimiento.

Jueces y científicos, tras la misma verdad

El científico sabe muy bien cuándo peca, porque sabe muy bien cuándo le está faltando al método científico

Un científico busca comprender la realidad con la intención de anticipar la incertidumbre. Un juez, también. La ciencia dispone de un acervo de leyes de la naturaleza aceptadas (en cada momento) como vigentes. La justicia también tiene el suyo. La ciencia ayuda a sobrevivir, la justicia a convivir. El científico usa un método para acercarse a la verdad. El juez, también.

El método científico respeta tres principios: el principio de objetividad (el observador elige la observación que menos afecta aquello que observa), el principio de inteligibilidad (la verdad vigente es la más comprensible entre todas las disponibles) y el principio dialéctico (la verdad vigente minimiza las contradicciones con la realidad). Ciencia es cualquier pedazo de conocimiento elaborado con estos tres principios.

La justicia no es muy diferente. Pero la ciencia no consigue aplicar su método al cien por cien durante todo el proceso de investigación. La justicia, tampoco. Y aquí aparece la primera diferencia. El científico se obliga, por oficio, a aplicar el método con la máxima fuerza posible en cada situación. En un proceso jurídico no ocurre lo mismo durante todas sus fases ni por parte de todos sus actores. Se puede admitir que lo hace el juez que dirige la instrucción y también el juez que dirige la vista. Incluso se puede admitir que, en principio, también lo hace el fiscal. Pero no se puede decir lo mismo del abogado defensor y del abogado acusador.

Ni uno ni otro se declaran contra la objetividad, la inteligibilidad y la dialéctica empírica, pero atención, la defensa defendiendo al defendido y la acusación acusando al acusado, tienen otra prioridad: el beneficio de su cliente. (El fiscal defiende la ley aunque, en la práctica, tienda a alinearse con la acusación particular).

Y esta tendencia, la de favorecer al cliente por delante de la verdad científica, no es algo que sencillamente se tolere. Forma parte del código deontológico del abogado. Así lo aceptamos y quizá no pueda ser de otra manera. No es una aberración faltar a la objetividad observando solo aquello que favorece al cliente y ninguneando todo aquello que le perjudica. No es una aberración faltar a la inteligibilidad dando rodeos o trufando la esencia con matices. Y no es una aberración faltar a la dialéctica experimental acentuando unas contradicciones e ignorando otras.

Tampoco es una aberración contratar a un detective para buscárselo una clase de pruebas, las favorables, o convocar solo a los intelectuales cuyas sinceras opiniones son justo las que convienen. Uno no deja de sufrir una ligera conmoción la primera vez que cae en la cuenta de que un abogado puede, por oficio de abogado, defender con igual profesionalidad y entusiasmo una causa como la contraria.

Gracias a la objetividad el conocimiento tiende a ser universal (no depende de quién lo elabora). Gracias a su inteligibilidad el conocimiento tiende a servir para anticipar la incertidumbre. Y gracias a la autoridad de la evidencia experimental, el conocimiento cambia, avanza, progresa. El defensor y el acusador aspiran a la verdad que mejor defiende o acusa. El científico y el juez buscan la verdad más científica, la más objetiva, inteligible y dialéctica, la verdad más verdadera.

Apresurémonos a decir que ser científico no es una garantía de pureza objetiva, inteligible y dialéctica. El científico también puede pecar anteponiendo otros intereses, como su prestigio personal o su autoestima. A veces el científico se excede en su deseo de que la naturaleza encaje con su verdad y, con disimulo, le da una secreta ayudita. Hoy sabemos que Mendel, el padre de la genética, no pudo ver lo que dijo que vio. Sus resultados son mejores de lo que tocan estadísticamente. Fue más fe en la verdad que ánimo de engañar, pero mal hecho. Eddington estaba tan

deseoso de confirmar la teoría general de la relatividad de Einstein en su célebre observación del eclipse de 1919 que lo consiguió, pero sabemos por sus cuadernos que unos datos le gustaron más que otros. Mal hecho también. En 2002 el físico Jan Hendrik Schön avergonzó a la comunidad científica inventándose los datos de más de ochenta publicaciones en un solo año. Caso patológico. El pecado científico, sea este venial o mortal, siempre acaba saliendo a la luz. El crimen perfecto es más difícil aún contra la verdad científica que contra la verdad jurídica.

En suma, el científico sabe muy bien cuándo peca porque sabe cuándo le está faltando al método científico. En cambio, defensores y acusadores no pecan cuando dan preferencia a sus clientes. La verdad jurídica descansa entonces en los jueces y en las leyes vigentes. Durante siglos, la verdad científica y la verdad jurídica han seguido caminos próximos pero disjuntos, por lo que no ha habido grandes colisiones. La órbita de un planeta o el metabolismo de una célula poco tenían que ver con un robo a mano armada o con la disputa de una herencia. Sin embargo, todo está cambiando en este siglo y los caminos de ambas clases de verdad dibujan una trama y una urdimbre de confusas bifurcaciones. Cada vez hay más objetos comunes al método científico y al método jurídico: materiales transgénicos, organismos clónicos, ciberespacio, energías alternativas, eutanasia, cambio climático… ¿He dicho cambio climático?

La comunidad científica está inquieta desde hace décadas por la cuestión. Sin embargo, hace solo unos meses que los científicos han conseguido transmitir esta preocupación, masivamente, a los ciudadanos del mundo. Quizá sea la primera gran colisión entre el método científico y el método jurídico. Mientras centenares de los mejores especialistas hacen su diagnóstico de la salud del planeta con los principios del método científico, otras figuras acusadoras (o defensoras) anteponen otros intereses para desprestigiar (o sobrevalorar) a los científicos y para minimizar (o para exagerar) sus resultados.

Si hay que escoger, mejor alarmarse que no alarmarse. Es la diferencia entre un susto y una tragedia cósmica. El cambio climático aporta algunas novedades: es global (quizá sea la primera vez que todos los terrícolas tenemos un interés común), aún no existe el equivalente de un buen paquete

de leyes para proteger la salud del planeta (universales para toda su superficie) y hay demasiados defensores y acusadores de toda índole para ninguna figura equivalente a la del juez o la del fiscal.

La ciencia, globalizada desde su nacimiento en el Renacimiento, da significado a conceptos (como método, crecimiento, progreso, competencia, colaboración, complejidad, irreversibilidad, incertidumbre o riesgo) que poco se parecen al de los conceptos homólogos fuera de ella. Una fabulosa diversidad cocida a fuego lento durante miles de millones de años (la inerte, la viva y la cultural) necesita ahora que la verdad científica y la verdad jurídica caminen de la mano. Es cuestión de empezar a entrenarse…

Sobre lo naturalmente sobrenatural

Yo miré: vi un viento huracanado que venía del norte,
una gran nube con fuego fulgurante y resplandores en torno,
y en el medio como el fulgor del electro, en medio del fuego
(Ezequiel 1:4)

Natural es, digamos, todo lo que pertenece a la naturaleza. Según esta generosa definición, lo natural incluye incluso lo artificial. La capacidad de comprender el mundo (la ciencia) y la capacidad para cambiarlo (la tecnología) también son logros de la selección natural. La ciencia ha conseguido ya un buen puñado de las leyes fundamentales que rigen la naturaleza, lo que nos permite ahora una redefinición de lo natural: natural es lo que está en armonía con las leyes de la naturaleza. Solo tenemos un problema respecto de tales leyes: ni las conocemos todas, ni las conocemos del todo. La ciencia tropieza cada día con nuevos fenómenos reales que parecen desafiar sus teorías vigentes. Eso puede ocurrir de dos maneras. Primera manera: resulta que un particular pedazo de realidad se muestra incompatible con la teoría vigente (paradoja de contradicción). Segunda manera: resulta que, para un particular pedazo de realidad, ni siquiera tenemos una teoría vigente (paradoja de in completitud). Tal pedazo de realidad escaparía entonces a la definición de natural. En ciencia, lo natural no se acepta en forma incoherente o incompleta. Nos enfrentamos así a dos opciones. La primera opción consiste en renunciar a comprender y, a continuación, en calificar el fenómeno de *sobrenatural*. Quizá sea inteligible para alguna divinidad que, en todo caso, quizá se digne a revelarnos una interpretación. Para ello basta con tener fe en tal divinidad. La segunda consiste en hacer progresar el conocimiento científico y no

cejar hasta que el fenómeno en cuestión vuelva a estar en armonía con nuestro conocimiento. Para lo segundo solo hay que tener fe en el llamado principio de inteligibilidad de la ciencia (también llamado la hipótesis del mundo real): *la realidad existe, es inteligible y yo la voy a comprender*.

Son dos hipótesis de trabajo diferentes, aunque ambas necesitan, como toda hipótesis, cierta dosis de fe. En la segunda opción la palabra *sobrenatural* o es una expresión temporal o es un abuso del lenguaje. Lo sobrenatural es una apariencia que se deshace a medida que avanza el conocimiento. Lo sobrenatural por definición ni existe ni tiene sentido. En la segunda opción, sin embargo, lo sobrenatural es una palabra cargada de sentido, a veces incluso se erige en todo un indicio de que cierta fe es, ella misma, una realidad necesaria.

Aunque se observa desde la antigüedad, el fenómeno de las bolas de fuego es muy difícil de ver. Deben de existir solo unos miles de testigos que pueden asegurar haberlas visto. El fenómeno consiste en unas efímeras bolas de fuego que se desplazan erráticamente durante no más de diez segundos. Su diámetro oscila entre unos pocos centímetros y un metro. Aparecen durante las tormentas en varios colores: esferas rojas, azules, blancas y transparentes. Descienden vertical mente o serpentean erráticamente sobre toda clase de superficies. Aparecen fantasmalmente en los desiertos, ante el estupor del más viejo del lugar; espantan a las tripulaciones de barcos y aviones, que luego no saben cómo dar el parte en sus formularios; y maravillan a los invitados de una ceremonia al aire libre que se prometían una fiesta original, aunque quizá no tanto…

Durante milenios no hemos tenido una teoría en la que apoyarnos. Hoy tenemos una, la de John Abrahamson, de la Universidad de Canterbury de Nueva Zelanda: las descargas eléctricas evaporan el carbono y óxidos de silicio que se reducen a micropartículas de silicio puro, las cuales se oxidan en contacto con el aire y entran en un fugaz proceso de automantenimiento. Y mi buen amigo, el físico brasileño Antonio Pavão y su equipo de la Universidad de Pernambuco ya ha conseguido fabricarlas en el laboratorio (¡!). Desde la publicación del hallazgo [Pavia et al., 2007], las bolas de fuego ya son oficial y académicamente naturales.

Los coetáneos de los acontecimientos bíblicos se fijaron también en este episodio físico:

> Con el aspecto del arco iris que aparece en las nubes los días de lluvia: tal era el aspecto de este resplandor, todo en torno. Era algo como la forma de la gloria de Yahveh. A su vista caí rostro en tierra y oí una voz que hablaba (Ezequiel 1:29).

Pocas personas han presenciado las asustadoras evoluciones de las bolas de fuego, pero han sido las suficientes para insertar el fenómeno en el imaginario popular. Otras citas dignas de mención aparecen en la literatura de aventuras, nada menos que en el *Viaje al centro de la Tierra* de 1864 de Jules Verne [Verne, 1986] y en *Las siete bolas de cristal* (1948) *(Aventuras de Tintín y Milú)*, de Hergé. Cualquier día de estos las vemos en un museo de ciencia…

El derecho de toda respuesta a cambiar de pregunta

Un signo de interrogación rematando una frase
no es suficiente para construir una pregunta

Espero que tengan ustedes las preguntas adecuadas a mis respuestas, dijo al parecer en una ocasión Henry Kissinger, para abrir una caldeada conferencia de prensa. La frase puede sonar a cinismo químicamente puro, pero hay que reconocer que tal es el método con el que se preparan muchas ruedas de prensa. El salto mortal o el deslizamiento necesario para adecuar después las respuestas a las preguntas ya es solo una cuestión de habilidad y de tablas. La idea de responder cambiando la pregunta es también motivo frecuente de queja en los guiones de las películas sobre temas judiciales: «¡Yo no le he preguntado eso!». Muchos profesionales serios y responsables se exasperan y se irritan cuando sus interlocutores se escurren cambiando sutil o burdamente una pregunta por otra: maestros en la escuela, funcionarios en la ventanilla, entrevistadores en radio y televisión, examinadores en general, encuestadores de a pie…

Sin embargo, la sentencia

toda respuesta tiene derecho a cambiar de pregunta

es fundamentalísima cuando de lo que se trata es de adquirir nuevo conocimiento. En efecto, el mérito de una buena respuesta no está siempre en ajustarse a una pregunta, sino en la noble facultad de reconducir o refrescar un gran debate, casi siempre por el procedimiento de rechazar una pregunta y plantear otra. Una pregunta se puede rechazar por ejemplo

cuando es una falsa pregunta, es decir, cuando la pregunta contiene, ya en su formulación, contradicciones internas o externas. Empecemos por una incoherencia matemática.

Tres amigos toman unas cañas en un bar. La cuenta asciende a 30 euros y cada uno pone 10 euros sobre la mesa. El camarero lleva el dinero a la caja pero el dueño del bar, que ha estado observando al bullicioso grupo, le devuelve 5 euros al camarero y le dice con un guiño: «Toma, hazles un descuento, nos interesan como clientes». El camarero regresa a la mesa pensando que 5 euros es demasiado descuento, así que les devuelve solo 3 y se embolsa los 2 euros restantes. Recapitulemos: cada amigo ha pagado 9 euros (10 menos 1 de descuento), así que, en conjunto, han pagado 27 euros por la consumición. El camarero se ha quedado con 2 euros, así que, dado que la suma de 27 más 2 es igual a 29, preguntamos: ¿dónde ha ido a parar el euro que falta para llegar a 30? Sugiero reflexionar 45 segundos antes de continuar.

Pues no hay respuesta porque tampoco hay pregunta. En efecto, la pregunta «¿Dónde está el euro que falta?» es falsa, porque incluye una hipótesis falsa. No falta ningún euro porque el balance que debe encajar es: total de lo pagado (27 euros pagados por los amigos) igual al total de lo cobrado (25 cobrados por el dueño más 2 sisados por el camarero). Una pregunta verdadera en cambio sería, por ejemplo: «¿Dónde están los dos euros que faltan entre la cantidad que saben los amigos que han pagado y la cantidad que el dueño del bar cree que aquellos han pagado?».

Decididamente: *cambiar de respuesta es evolución, cambiar de pregunta es revolución*.

El caso del neutrino insolente

O cambio mi manera de creer o cambio mi manera de mirar

El mundo científico se ha conmocionado con la noticia de que una partícula subatómica, un neutrino, ha superado la velocidad de la luz, es decir: ha corrido más que su propia sombra. Curiosamente, en su momento resultó muy difícil aceptar que la velocidad de la luz era una constante de la realidad de este mundo, una barrera infranqueable para cualquier móvil que transporte información. La velocidad de la luz como límite no es una consecuencia de la teoría de la relatividad; es una de sus dos hipótesis fundamentales, una columna sobre la que se levanta buena parte de la física del siglo XX. Antes de que Einstein publicara su famoso artículo en 1905 ya había científicos que coqueteaban con la idea. Hendrik Antoon Lorentz o Henri Poincaré son dos buenos ejemplos, pero no llegaron a aventurar una hipótesis tan extraña a la intuición humana. Pero hoy, más de un siglo después, con la teoría especial de la relatividad confirmada experimental mente una y mil veces, con la teoría encajando como piezas de un fino engranaje con el resto de las teorías de la física, con miles de aplicaciones funcionando en nuestra vida cotidiana, con una estructura matemática impecable soportando lodo el edificio, ahora resulta que un modesto neutrino insinúa que hay que volver a empezar. Lo que entonces era casi imposible de aceptar es hoy casi imposible de rechazar. Porque, seamos francos, la comunidad científica es escéptica, muy escéptica. Casi todos los tísicos que conozco (entre los que me incluyo) han prometido «cortarse la tiza» si el resultado se confirma (la expresión es del físico del CERN Álvaro de Rújula).

No es la primera vez que se habla de velocidades superlumínicas aunque la teoría de la relatividad nunca ha estado en cuestión por ellas. Los neutrinos siempre se habían portado bien y muchas son las carreras cronometradas entre el Sol y nuestro planeta. ¿A qué se debe su actual insolencia? Pueden pasar tres cosas: 1) el error es un craso error, por lo que nada cambia (por ejemplo, los neutrinos que disparan el cronómetro a la salida de la carrera no son los mismos que los que lo detienen a la llegada); 2) no se trata de un error craso sino de la omisión de un fenómeno hasta ahora desconocido (ganamos nuevo conocimiento pero no se requiere la reformulación de la teoría de la relatividad); 3) no hay error y la teoría de la relatividad, tal como hoy la conocemos, se desmorona, por lo que hay que inventar una nueva (que con toda probabilidad incluirá a la «vieja» teoría de la relatividad para una vigencia más restringida). Esta tercera posibilidad crea un vacío que da vértigo, pero los físicos no llorarán por ello («¿y ahora qué va a ser de nosotros?») sino que se pondrán a trabajar («vamos a observar y comprender»).

Observar: buscar diferencias entre las coincidencias. Comprender: buscar coincidencias entre las diferencias. Para observar diseñaremos experimentos próximos entre sí y anotaremos los cambios. En este caso, la idea consiste en repetir el mismo experimento por otras personas en otros lugares. Luego, para comprender buscaremos coincidencias entre las diferencias y anotaremos lo que persiste, esto es, buscaremos el mismo efecto en experimentos bien diferentes. En este caso, la idea consiste en ver en qué otras circunstancias vuelve a superarse la velocidad de la luz. Y así, de observación en comprensión y de comprensión en observación hasta alcanzar una comprensión libre de toda contradicción: la nueva teoría vigente está servida.

Todos los físicos son escépticos con el episodio del neutrino superlumínico, pero ni a uno solo le va a parecer mal concentrar esfuerzos para confirmar o desmentir la incoherencia. La teoría de la relatividad, como cualquier otra teoría científica, no se da por definitiva ni después de un billón de confirmaciones experimentales; sin embargo, se da como superada con una sola refutación experimental. Qué injusto parecería algo así fuera de la ciencia. Un ciudadano que no soporte a Mozart no refuta a

Mozart. El fracaso de un programa político no invalida la ideología del partido que la ha propuesto. Muchas creencias son compatibles con una realidad empeñada en exhibir lo contrario una y otra vez. A veces incluso se presume de que la excepción no solo no compromete la ley sino que la confirma (¡!). En ciencia no vale hacer la vista gorda porque la ley vigente *ha fallado por muy poco* o porque *por una vez que falla*… Viajar más rápidamente que la luz, aunque sea solo un milímetro por milenio, equivale nada menos que a viajar físicamente al pasado, una incongruencia lógica. Aunque a más de uno le gustaría, no se puede cambiar la historia. No hay margen de tolerancia, como lo habría con el código de la circulación. Si falla, falla. La ciencia no está blindada contra la realidad del mundo. Si aparece una contradicción entre lo que se cree y lo que se mira, o se cambia la manera de mirar o se cambia la manera de creer. La ciencia no puede ser incoherente. La ciencia de más solera, la escuela más prestigiosa, el científico más venerable, la teoría más contrastada, los logros más espectaculares, nada de todo eso es suficiente para ignorar una sola contradicción experimental como la anunciada por el modestísimo neutrino. En ello reside sin duda la grandeza de la ciencia.

Digamos que el experimento del CERN es un buen ejemplo del criterio de demarcación científica enunciado por Karl Popper: una teoría es científica si es falsable, es decir, si podemos concebir (aunque solo sea mentalmente) un hecho experimental que la desmienta. Decir por ejemplo *mañana lloverá o no lloverá* es una proposición cien por cien verdadera, pero no es científica porque está blindada contra todo lo que pueda ocurrir. La teoría de la relatividad es genuinamente científica porque un episodio como el del neutrino superlumínico siempre ha sido imaginable.

Epílogo. Hoy sabemos que, además de falsable, todavía no es falsa. Durante las semanas posteriores al anuncio aparecieron diversas críticas y explicaciones al experimento de los neutrinos superlumínicos, como las del premio Nobel de Física Sheldon Lee Glashow, pero la discusión no tuvo que prolongarse demasiado ya que el CERN acabó reconociendo que una fibra óptica mal conectada era la responsable del fallo. Entre *cambiar mi manera de creer* o *cambiar mi manera de mirar*, esta vez ha habido que hacer lo segundo. Lo ha dicho un cable suelto.

El bosón de Higgs y las lágrimas de los físicos

Puede ocurrir que no comprenda lo que vea
(el neutrino superlumínico)
o que no vea lo que estoy comprendiendo (el bosón de Higgs)

La ciencia avanza gracias al conflicto que se establece entre la observación de la realidad y la comprensión que tenemos de ella. De ahí la gran aportación de Karl Popper [1963]: la ciencia, a diferencia de otras formas de conocimiento, es necesariamente falsable, es decir, sensible a ser desmentida por lo real. La dialéctica entre lo que vemos y lo que *creemos* fructifica en dos clases de paradojas cada una de ellas con dos alternativas para la evolución o la revolución de la ciencia vigente.

La primera se llama paradoja de contradicción, y se da cuando lo que observamos es incompatible con lo que creemos. Pero la ciencia no puede ser incoherente, así que el caso se resuelve con una de estas dos alternativas: o *cambio mi manera de mirar* (1) o *cambio mi manera de creer* (2). La reciente noticia de los neutrinos superlumínicos conmocionó a la comunidad científica. Pero resultó que había un cable mal enchufado, así que todo se arregla mirando mejor. Aquí no hay revolución, pero Einstein consolida su teoría y los físicos su autoestima. El experimento de Michelson-Morley (1887), en cambio, es un ejemplo de la segunda opción. Se ideó para demostrar la existencia del hipotético *éter*, un fluido que llena todo el espacio y sin el cual no se comprende la propagación de las ondas electromagnéticas. ¿Cómo si no viaja la luz en el vacío? Albert Michelson se obsesiona y repite la observación una y otra vez. Pero la realidad es tozuda: el éter no existe, que no, que no y que no. La paradoja no se resuelve hasta 1905 cuando el misterioso éter se hace innecesario dentro de

una nueva manera de comprender el mundo. Se trata de la teoría especial de la relatividad, de Einstein [1905]. No está nada mal como revolución.

La segunda se llama paradoja de incompletitud. La ciencia, además de coherente, tiende a ser completa. También en este caso hay dos alternativas. Puede ocurrir (1) que no *comprenda lo que estoy viendo* (paradoja de incompletitud teórica) o puede ocurrir (2) que *no vea lo que estoy comprendiendo* (paradoja de incompletitud experimental). Lo primero ocurrió en 1887 cuando Heinrich Hertz descubre el efecto fotoeléctrico, es decir, la capacidad de los fotones para transferir energía a los electrones (como sucede en un panel solar). El fenómeno era sencillamente incomprensible con la ciencia vigente en la época. La nueva comprensión llegó con otro breve artículo de Einstein (otra vez) y también en 1905. ¿Revolución? ¡Vaya si la hay! De esta paradoja arranca nada menos que la revolución cuántica.

La segunda alternativa se da cuando comprendo algo y resulta que no consigo observarlo en la realidad. En tal caso, la sombra de la sospecha se proyecta sobre el conjunto de mi comprensión. La teoría tiene una grieta inquietante. Restañar esa grieta no supone una revolución científica pero sí una afirmación de la credibilidad de la teoría vigente para emprender nuevos retos y para cazar otras sabrosas paradojas. Llenar un agujero así puede costar décadas pero cuando finalmente se consigue entonces sobreviene el gozo intelectual más sublime y brillan las lágrimas por la victoria del intelecto. Gracias al conocimiento coherente, dialéctico e inteligible, la mente percibe la realidad antes que los sentidos. Cuando Albert Einstein publica la teoría general de la relatividad [1915] no hay contradicciones sobre la mesa. Sin embargo, la teoría prescribe que un campo gravitatorio es capaz de desviar la luz. Cuatro años después, *Sir* Arthur Eddington organiza una expedición a las islas Príncipe para dar fe de la curvatura de los rayos luz de una estrella durante un eclipse de sol. La noticia, portada de todos los diarios el 7 de noviembre de 1919, convierte a un Einstein poco conocido en leyenda viva y aunque este no muestra demasiada sorpresa por el episodio, juraría que enjuga alguna lágrima en la intimidad. Con ello, la teoría general de la relatividad ya es mucho más que pura belleza [Dyson, Eddington y Davidson, 1920].

En este esquema conceptual encaja ahora la detección del bosón de Higgs. El llamado *modelo estándar*, una doctrina de la física que se levanta sobre la física cuántica y la física relativista, no acierta a explicar cómo adquieren su masa las partículas. Hasta aquí se trata de una paradoja del tipo: *no comprendo lo que veo*. Pero en los años sesenta Peter Higgs (y hasta cinco físicos más) proponen un mecanismo que lo explica, una hipótesis que requiere la existencia de una partícula nueva que nadie ha visto jamás. Es el bosón de Higgs [1964]. Con ello la paradoja de incompletitud se desliza desde el *no comprendo lo que veo* hasta el *no veo lo que comprendo*. Ha costado más de cuarenta años pero el CERN lo ha pillado por fin en su supercolisionador. La física teórica salva la última paradoja y las lágrimas inundan de nuevo los ojos de los físicos (ver Anexo).

¿Y ahora? Ahora vamos a por la masa oscura, la energía oscura, la unificación de la gravitación y la cuántica… Levanto mi copa por el bosón de Higgs.

El fantasma de Heilbronn

No se trataba de prescindir del método científico
sino de insistir en él

¿Qué significa comprender en ciencia? En ocasiones comprender consiste en descubrir un conjunto de causas que determinan necesariamente la realidad observada. La causalidad permite comprender *(su mala vista [efecto] se debe a una catarata [causa])*. Pero no siempre es así. A veces la realidad no está conducida por causas sino que está gobernada por leyes *(la trayectoria elíptica de un planeta alrededor del Sol se deduce matemáticamente de las leyes de Newton)*. Pero tampoco es siempre posible encontrar leyes. En muchas ocasiones la realidad se explica con la ayuda de algún mecanismo fundamental *(la diversidad biológica se explica con la idea darwiniana de la selección natural)*. Pero no siempre es así. En no pocos casos comprender significa sencillamente clasificar *(una herramienta abandonada en un desván puede resultar un objeto incomprensible pero deja de serlo si la descubrimos, bien ordenada, en su caja de herramientas)*. La comprensión hace posible la predictibilidad, es decir, la generalización en el tiempo (hacia atrás y hacia delante) y en el espacio *(una catarata es presagio de ceguera, los eclipses se calculan siglos antes y siglos después de ocurrir, la diversidad de las islas Galápagos se comprende igual que la del Sáhara…)*.

¿Qué significa entonces comprender? ¿Qué tiene en común la causalidad con el inductivismo o el convencionalismo? Comprender un pedazo de realidad es buscar y encontrar lo que tal pedazo de realidad tiene en común con otros pedazos de realidad. Comprender es buscar coincidencias entre las diferencias, convergencias entre las divergencias: *la*

opacidad del cristalino es lo que comparten todas las cataratas, las leyes de Newton es lo que comparten todos los movimientos clásicos, la selección natural es lo que está detrás de cualquier episodio de evolución biológica… La inteligibilidad de la realidad es una de las hipótesis fundamentales de la ciencia intuida ya por la escuela jónica de la antigua Grecia. Es la raíz profunda del llamado segundo principio del método científico: la realidad existe y se puede comprender.

La policía que investiga un crimen también aspira a comprenderlo científicamente con el propósito de anticipar la comisión de otros crímenes. Y la verdad es que todo iba muy bien hasta que, no hace mucho, surgió el caso del fantasma de Heilbronn.

El 27 de abril de 2007, durante una operación de la policía en la ciudad de Heilbronn, en Baden-Württemberg (Alemania), una agente de 22 años, Michele Kiesewetter, fue asesinada mientras descansaba dentro del coche. La única pista se encontró en el asiento trasero: un ADN que también aparecía en la base de datos de la policía alemana como presente en una gran diversidad de hechos criminales desde el año 1993. Pertenecía a una mujer desconocida conocida desde entonces como el fantasma de Heilbronn. Lo chocante del caso era, justamente, la enorme diversidad de delitos (asesinatos, robos, agresiones…), lugares (los más variados contextos en Francia, Austria y Alemania), tipos de delincuentes involucrados (bandas, gánsteres, terroristas europeos e islamistas, simples rateros…), cuyo único elemento común era el ADN del fantasma. ¿Qué clase de psicópata podía tener tan compleja locura, talento criminal y omnipresencia? La comprensión de esta serie de crímenes contenía, por puro método científico, la participación del fantasma. ¡Incomprensible comprensión! La policía estaba desconcertada porque era el primer asesino en serie de la historia que no exhibía un mínimo patrón en su comportamiento.

Un científico asesor de la policía resolvió finalmente el misterio. No se trataba de prescindir del método científico sino de insistir en él. La idea no consistía en cambiar de respuesta sino en cambiar de pregunta. En vez de preguntar lo que tenían en común todos los casos observados se pasó a preguntar lo que tenían en común todos los observadores y sus respectivos

materiales de observación. Los investigadores usaban unos bastoncillos con algodón en la punta para tomar muestras en busca de ADN (como los que se usan para limpiar los oídos). En todos los casos en los que se había detectado la presencia del fantasma, y solo en ellos, se habían utilizado bastoncillos fabricados por una misma empresa. Un análisis demostró que los bastoncillos llevaban el famoso ADN de fábrica. El misterioso fantasma de Heilbronn resultó ser una inocente empaquetadora de la empresa Greiner Bio One que no se ponía los guantes para trabajar. De hecho, la empresa garantizaba esterilidad microbiológica pero no pureza respecto del ADN.

Lo que había fallado era nada menos que el primer principio del método científico, también llamado principio de objetivización, según el cual el observador debe observar de manera que la observación distorsione lo mínimo posible aquello que se observa. El error costó veinte mil horas de trabajo y 25 millones de euros pero no supuso una excepción a la regla, sino un buen ejemplo de su aplicación incorrecta.

Con la idea no basta

Pocos saben quién fue el primero en proponer el perfil, todavía vigente, del ala de los aviones: Albert Einstein

La creatividad de la mente humana requiere tres cosas: 1) tener una buena idea, 2) darse cuenta de que la idea es buena y 3) convencer de ello a los demás. Está claro que lo segundo no ocurre sin lo primero y que lo tercero no ocurre sin lo segundo. Cada paso es necesario para iniciar el siguiente, pero ninguno es suficiente para que una idea finalmente trascienda. No siempre se dan las tres cosas en la misma persona. A continuación ofrezco tres ejemplos. En el primero el genio cumple solo dos de los requerimientos, en el segundo solo cumple uno y en el tercero las cosas se complican.

A principios del siglo XX el científico ruso Konstantín Merezhkovski tuvo la idea más bonita y brillante en biología después de la de la selección natural de Darwin: las células eucariotas (con núcleo, mitocondria, cloroplastos, etcétera) son el resultado de la simbiosis entre bacterias. Digamos, simplificando mucho, que una bacteria que comía y digería muy bien pero que se desplazaba muy mal, se tragó una bacteria que comía y digería muy mal pero que nadaba muy bien. Pero en lugar de digerirla hicieron un pacto: «Yo como y digiero, y tú te mueves». Es la teoría de la simbiogénesis, que explica cómo surgen las células eucariotas en la evolución, es decir, las células capaces de engendrar a su vez individuos multicelulares. Merezhkovski no solo tuvo un idea brillante, también se dio cuenta de que la idea era trascendente, incluso imprescindible, para comprender la evolución. Sin embargo, no logró convencer a la comunidad científica de su tiempo y todo quedó en poco más que una conjetura. Eso es

precisamente lo que consiguió Lynn Margulis, a quien se cita siempre que se hace mención de la bellísima teoría. Margulis demostró la vieja conjetura.

Otro ejemplo es la celebérrima teoría de los fractales. Nadie discute que el padre de la teoría es Benoît Mandelbrot (1987, 1997). Pues bien, hay que admitir, como hace el mismo Mandelbrot, que él no tuvo la idea. Sin embargo, sí es quien la generalizó y quien se percató de su enorme trascendencia interdisciplinaria (biología, química, matemáticas, arquitectura, arte, geología, sociología, geografía…). También fue quien la bautizó acuñando el término que ha quedado y quedará para siempre. Mandelbrot [1997] tomó la idea de Richardson pero la elaboró, le dio vigencia y amplitud y la vendió mucho más allá de la comunidad científica.

Otro caso notable pero totalmente desconocido tiene que ver con el vuelo de los aviones. ¿Por qué vuelan los aviones? Para contestar esta pregunta se suele citar siempre el teorema de Bernoulli en hidrodinámica. La idea se resume así: el perfil de un ala de avión se diseña de modo que el recorrido de una partícula de aire es más largo por la parte superior del ala que por su parte inferior. Esto hace que la velocidad del aire sea más alta por la parte superior que por la inferior lo que, en virtud del teorema, implica que la presión bajo el ala es mayor que sobre ella. La diferencia de ambas presiones multiplicada por la superficie del ala es la fuerza que sustenta el avión en el aire (la que neutraliza su peso). Así se explica en todos los libros de texto, en todos los museos de ciencia y en todas las facultades de ingeniería aeronáutica…

Pero la verdad es que tal verdad, sencillamente, no es verdadera. Bernoulli solo explica una parte muy pequeña de la fuerza que sustenta un avión (en caso contrario un avión no podría volar en posición invertida y un Boeing 747 no se levantaría un palmo del suelo). He aquí, pues, una idea que tuvo mucha más trascendencia de la que se merece. Sin embargo, en este caso su autor no se gano por ello una fama injusta. Fue muy famoso, pero no por proponer una forma de ala según Bernoulli. ¿Quién es este personaje? El que pasa por ser el autor de la idea seguramente no fue el que tuvo la idea, pero sí fue el primero que la publicó y el primero que la sugirió, a principios del siglo XX a un constructor de aviones (Fokker). De

hecho ya nadie se acuerda de que fue él quien está detrás de un diseño hoy totalmente universal.

¿Quién es este personaje trascendente que tuvo una idea trascendente pero que no ha trascendido por ella sino por otras muchas que tuvo a lo largo de su vida? Creo que más de un lector se va a sorprender: el personaje es Albert Einstein.

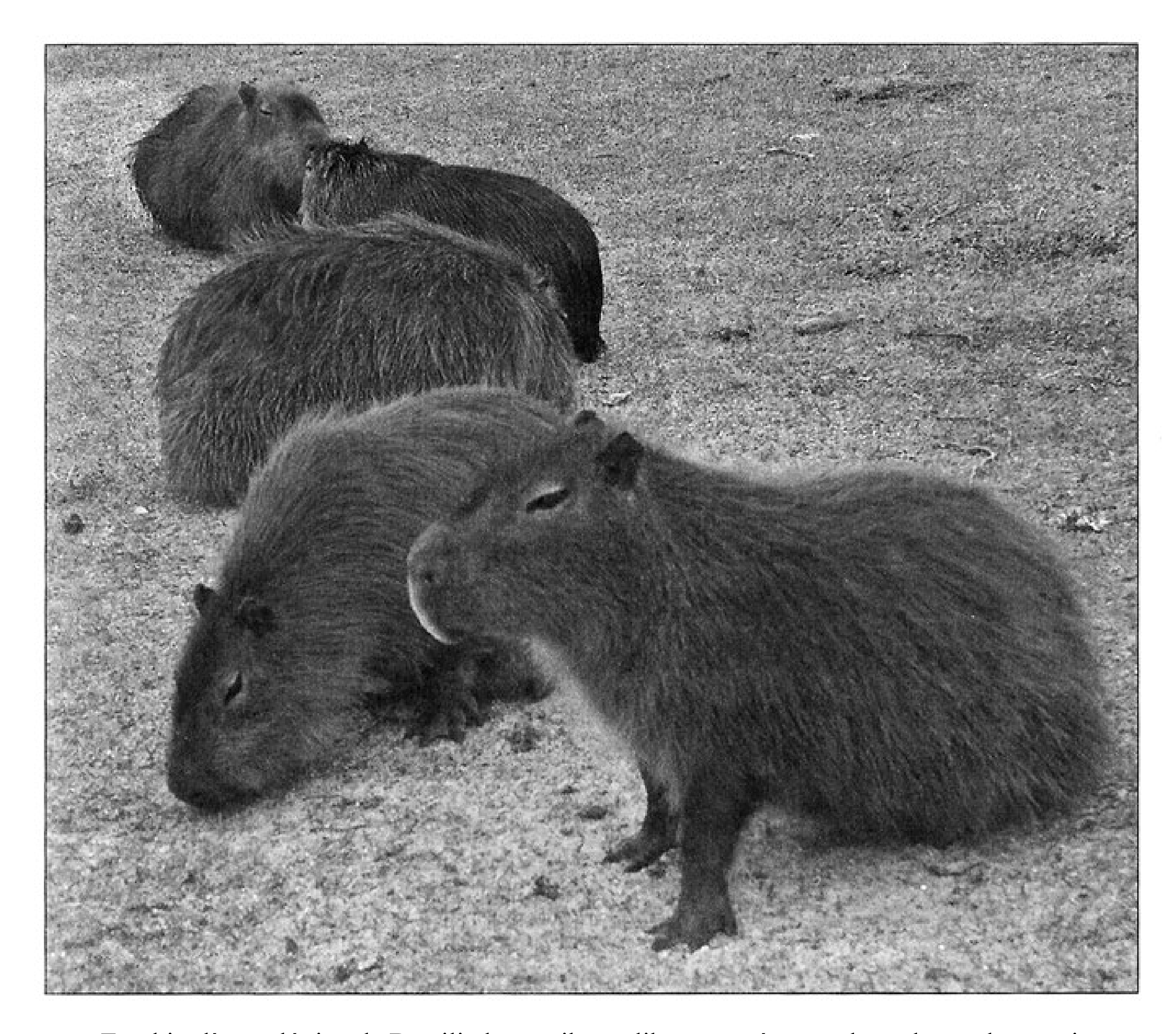
La manada

¿A quién favorece el concepto manada,
al depredador o a la presa?

Supongamos que conocemos una verdad científica (A) y que un día, resulta que observamos una realidad que la desmiente (no A). ¡Contradicción! La ciencia no puede ser incoherente. La ciencia, por método, no acepta una verdad y su negación al mismo tiempo. Urge tomar una decisión: o cambiamos nuestra manera de observar o cambiamos nuestra manera de comprender. Es el principio dialéctico entre la comprensión de la realidad y la realidad misma. En ciencia las contradicciones no se esconden bajo la alfombra, no se ignoran, no se maquillan, no se disimulan, no se disculpan, no se aplazan… ¡se tratan! Gracias a ellas, la ciencia avanza. Por ello, cuando un científico se tropieza con una contradicción entre teoría y experiencia empieza a salivar de gozo intelectual. Una incoherencia puede ser un presagio de nuevo conocimiento. En publicidad se usa mucho la expresión «esto está científicamente demostrado», como dando a entender que la ciencia no comete errores. No es fácil encontrar una frase tan trufada de malentendidos. La ciencia avanza gracias al error. En general, un científico se pasa todo el día equivocándose y, cuando deja de hacerlo, entonces es probable que publique un artículo relevante.

Un científico sorprendido por una contradicción entre lo que cree y lo que ve se parece a un cazador alertado por un roce furtivo en la maleza. Los músculos se tensan, el pulgar retira el seguro y el índice acaricia el gatillo. La bala que deshace una contradicción se llama nuevo conocimiento, justo

el que demuestra que la incoherencia es solo aparente. No es fácil deshacer contradicciones. Cuanto más compleja sea la realidad, mayor es el reto.



En el jardín zoológico de Brasilia las capibaras libres se reúnen cada tarde con las cautivas.

La naturaleza es una buena fuente de jugosas contradicciones. Un caso muy curioso y a la vez muy general es la relación entre depredador y presa. El caso es, en efecto, muy general ya que cualquier animal se define bien por su obsesión por comer y por su gran ilusión en no ser comido. El comportamiento de la presa se forja más bien a golpe de selección natural. La evolución castiga los errores y acumula los aciertos. Una presa no aprende de los errores propios, en todo caso de los errores de los depredadores. La mayor diferencia entre depredador y presa es que el

depredador puede fallar más de una vez. Solo necesita un resto de energía y que no se le caliente demasiado el cerebro. Los depredadores se forjan por selección natural y cultural, las presas casi solo por selección natural. Pero lo que está claro es que depredador y presa tienen intereses opuestos. Al depredador le interesa cazar, a la presa le interesa no ser cazada. Se diría que todo lo que favorece a uno perjudica al otro. ¿Todo?

Los depredadores son más bien solitarios, mientras que las presas se suelen agrupar en manadas. La manada (o el banco de peces) consiste en una alta concentración de individuos en el espacio. La pregunta clave es: ¿a quién beneficia más la idea, al depredador o a la presa? Un individuo dentro de la manada tiene más defensa que un individuo solitario. Fuera de la manada, la presa se convierte en una opción única, pues es el único caso favorable y además es el único posible. La probabilidad de ser elegido como blanco es uno sobre uno: es la certeza. Dentro de la manada, en cambio, una particular presa es un caso favorable entre, digamos, diez mil posibles. La probabilidad de ser devorado desciende ahora muchísimo: un caso favorable entre diez mil posibles. Consecuencia primera: la manada favorece a la presa. Veamos la cuestión ahora con ojo de depredador. Se diría que la manada le da más opciones porque, al concentrar las presas en el espacio, el depredador puede escoger al más débil o, simplemente, puede atacar al bulto. Es el fundamento de este aforismo levemente cínico: una cebra no tiene que correr más que una leona sino más que las otras cebras. O sea, consecuencia segunda: la manada también favorece al depredador. ¿Cómo? ¿La manada favorece tanto al depredador como a la presa? Depredadores y presas tienen algo en común: ambos quieren sobrevivir. Pero la sobrevivencia de uno es a costa de la del otro. ¿Contradicción? Intentemos deshacer la contradicción, no sea que con ella obtengamos nuevo conocimiento.

Sean cuales sean los comportamientos, en general *todo* depredador acabará comiendo una presa y *alguna* presa acabará siendo derribada por un depredador. ¿Qué aporta entonces una innovación llamada manada? Si las presas van en manada, el depredador in vierte menos energía en perseguir y derribar a su presa, mientras que la presa despilfarra menos energía en intentar evitarlo. Es verdad que muchas otras presas de la manada gastarán

algo solo por asustarse, pero el susto dura muy poco si no eres el elegido. La comprensión termodinámica no suena mal: el concepto manada interesa a la selección natural porque reduce la energía de la interacción depredador-presa.

La ciencia es más pregunta que respuesta, más duda que convicción y más negación que afirmación… ¿o no?

El tornado y la medusa

La metáfora del Boeing 747 aún se usa para sugerir que al darwinismo aún le falta un hervor

Durante miles de millones de años las bacterias fueron los únicos individuos vivos del planeta. ¿Cómo se pasa de una población de bacterias a, digamos, un poeta capaz de escribir un soneto? Según la teoría vigente todo se consigue a golpe de selección natural de acuerdo con una receta aparentemente sencilla: una fuente generosa de innovaciones al azar, unos toques certeros de selección natural y tiempo abundante, sobre todo, mucho tiempo. ¿Es eso suficiente? Algunos pensadores discrepan y calculan en trillones de años la edad del universo (!) el tiempo necesario para engendrar, vía Darwin, la biodiversidad actual. Es el caso de Fontenelle (1686), de William Paley (1809) o, mucho más recientemente del astrónomo Fred Hoyle (1981). Este último calculó la probabilidad de que la vida evolucione como una fluctuación azarosa de la materia inerte: no me nos de una oportunidad entre un uno seguido de cuarenta mil ceros (cuando en todo el universo el número total de átomos es solo de un uno seguido de ochenta ceros). Ni un trillón de veces la edad actual del universo bastaría para engendrar a Shakespeare solo a golpe de selección natural. Según Hoyle, ello equivale a que un tornado que pase sobre un montón de escombros de chatarra arme de repente un reluciente Boeing 747 listo para volar. La metáfora aún se usa para dudar del darwinismo o para sugerir que aún le falta un hervor. Hay muchos argumentos para desmontar esta antigua y tenaz falacia, pero el más decisivo consiste en señalar que el cálculo se salta todos los pasos intermedios. Componer el *Quijote* a partir de un revoltillo aleatorio de sus ciento veintiséis capítulos (1) es poco probable pero con un

poco de muchísima suerte se puede triunfar (equivale a ganar ciento veintiséis veces seguidas en una disparatada ruleta). Hacerlo a partir de un generador al azar de sus frases sueltas (2) es ya de un optimismo injustificable. Pretender lo mismo partiendo de un generador aleatorio de las ochenta mil palabras del diccionario español (3) es sideralmente improbable. Pero abordar el intento a partir de una fuente aleatoria de las veintisiete letras del idioma cervantino (4), eso sí se ilustra bien con la metáfora del tornado de Hoyle.

En otras palabras, el primer poeta no surgió directamente de una tormenta en una sopa de aminoácidos. Se tomó casi cuatro mil millones de años de evolución, paso a paso. Uno de los mecanismos frecuentes para dar uno de esos pasos está en el concepto de individuo. Es cuando una población de individuos entra en crisis por un aumento trágico de la incertidumbre ambiental y no tiene más opción que sacrificar su identidad individual y probar suerte con una nueva identidad colectiva. Quizá sea el último recurso antes de la extinción. Así es como las bacterias se reúnen en agregados, las cebras en manadas, las células en organismos, los insectos en colonias, los humanos en sociedades…

La llamada fragata portuguesa *(Physalia physalis)* es una individualidad viva que tiene forma de medusa, que se desplaza y alimenta como una medusa, que vive como una medusa, que se confunde con una medusa pero que no es una medusa sino una colonia de cientos de medusas que han diferenciado sus funciones. Una emerge de la superficie del agua y hace de vela para moverse con el viento. Otros pólipos del conjunto hacen de tentáculos de hasta 50 metros de longitud (¡!) para cazar todo tipo de criaturas. Otros despedazan las presas. Otros las digieren. Pero la fragata portuguesa, bellísima y peligrosísima, se comporta como un solo individuo, una individualidad de individuos. ¿Es un organismo o es una colonia? ¿Existen grados de individualidad?

Parece claro que un agregado de bacterias tiene un grado de individualidad más alto que una manada de cebras y esta más que un puñado de cocodrilos. Y también parece claro que un liquen es un todo más irreversible que un agregado de bacterias, pero quizá no tanto como una colonia de hormigas o de termitas. Y aún se puede afinar más porque un

hormiguero de hormigas clónicas (las hay: hormigas con idéntica dotación genética procedente de la reina sin intervención de ningún macho) exhibe un grado de individualidad más alto que una colonia de hormigas con padre y madre. Podemos afirmar que la fragata portuguesa está más cerca de ser un organismo que cualquier hormiguero o termitero…

En ocasiones se pueden ver grupos de miles y miles de fragatas portuguesas navegando juntas y a la deriva por las aguas cálidas del índico. La luz del atardecer arranca irisaciones impensables de este aquelarre de soldados de cristal. Una vez soñé un espectáculo perturbador: cien mil fragatas portuguesas se citan en algún lugar secreto del océano para pactar el nacimiento de una gigantesca megamedusa de medusas de medusas…

El megaterio desnudo

¿El megaterio era un animal peludo o pelado?

Una ballena puede pesar más de cien toneladas, una musaraña menos de cinco gramos. Pero a pesar de este detalle, ambos animales se parecen en esencia: respiración con pulmones, sistema circulatorio por arterias, vasos y capilares, primera alimentación por mamas, regulación de la temperatura corporal mal que le pese a la incertidumbre ambiental… El concepto mamífero es viable a lo largo de una colosal escala de tamaños. Sin embargo, no es lo mismo ser grande que ser pequeño. El tamaño de un animal condiciona todo su estilo de vida. El cuerpo de un mamífero es, entre otras cosas, una máquina que genera energía en un espacio de tres dimensiones pero que se disipa al exterior a través de una superficie que solo tiene dos. Un animal pequeño necesita comer mucho y se dedica a una actividad frenética para mantener la temperatura de su cuerpo; un animal grande, en cambio, come mucho menos en proporción y se puede permitir una vida mucho más sosegada. El corazón de una musaraña palpita a razón de unos mil latidos por minuto (que puede llegar hasta 1500 si se asusta o se enfada) mientras que el corazón de una ballena lo hace solo 20 o 30 veces por minuto. Una musaraña tiene una vida media de uno o dos años mientras que una ballena puede vivir (si la dejan) unos cien. ¿Una injusticia más de la creación? Pues quizá no tanto: si usamos un reloj interno (el ritmo cardiaco) en lugar de un reloj externo (el tictac de un cronómetro suizo) resulta que una ballena vive más o menos lo mismo que una musaraña: unos mil millones de latidos. Algo parecido ocurre con la respiración: el último aliento de un animal ronda el suspiro número 250 millones.

La tasa metabólica basal de cualquier ser vivo (la intensidad con la que quema su energía justo para mantenerse vivo) no crece linealmente con su masa. La masa crece con el volumen (el cubo de la distancia) pero la disipación al exterior crece con la superficie de disipación (el cuadrado de la distancia). O sea, que la tasa metabólica debería crecer en principio con la masa elevada a dos tercios (0,67). Así ocurre desde luego con una estufa; ¿ocurre también con un individuo vivo? Pues no. No exactamente. Max Kleiber encontró experimentalmente en los años treinta que cualquier ser vivo, desde una bacteria (!) a una ballena (!!), tiene una tasa metabólica que crece con la masa del individuo elevada a 0,75 (tres cuartos) y no a los 0,67 (dos tercios) previstos teóricamente. Dos ecólogos de la Universidad de Nuevo México, James Brown y Brian Enquist [West, Brown y Enquist, 1997], han comprobado además que la ley de Max Kleiber es incluso más general al incluir a todas las plantas y a todos los microorganismos. El número 0,75 se erige así como un número misterioso y emblemático, un número de una rara universalidad para toda la materia viva. ¿Qué ocurre aquí?, ¿burlan los seres vivos las leyes de la termodinámica? Térmicamente hablando, ¿es un individuo vivo algo más (o algo menos) que una máquina?

En ciencia también hay misterios, pero solo hasta que dejan de serlo. Tras casi un siglo de desacuerdo teórico experimental entre estos dos números, hoy conocemos la solución del misterio. Los mencionados ecólogos Brown y Enquist entraron en fecunda promiscuidad científica con el físico de partículas Geoffrey West, del Instituto de Santa Fe. En abril de 1997 este raro trío publicó en *Science* uno de los artículos más bellos, profundos, rompedores, polémicos y esclarecedores de la resbaladiza frontera que une y se para la física y la biología [West, Brown y Enquist, 1997], Una de las hipótesis no era del todo correcta. La producción de energía en el interior de un animal no es uniforme en todo el volumen de tres dimensiones, sino en una dimensión algo inferior que corresponde al espacio fractalmente ocupado por el sistema circulatorio de arterias, venas, vasos y capilares.

Con la nueva hipótesis, la teoría cambia de opinión y los *dos tercios* dan su brazo a torcer y se calzan, de repente y por fin, en los *tres cuartos*. Por

este espectacular logro, a la comunidad científica se le saltaron las lágrimas de puro gozo intelectual.

Pero una buena teoría no solo explica lo que ha ocurrido, también explica lo que no ha ocurrido. El megaterio es un mamífero extinto de la megafauna americana, parecido a los actuales perezosos tropicales, pero más alto que una jirafa y más pesado que dos elefantes. En el museo de la ciencia que estamos planeando para Montevideo (2014) se plantea la cuestión de recrear el aspecto que tenía este animal cuando vivía. Pues bien, todas las ilustraciones que se proponen de él, excepto la del brillante paleontólogo Richard Fariña, lo presentan cubierto con una espesa capa de pelo, a la manera de los mamuts. Pero el mamut vivía entre hielos y nieves. Un elefante africano peludo se cocería literalmente en su propia salsa. Así que no hablemos más: el megaterio aparecerá desnudo en el museo: en honor de la termodinámica, en honor de la geometría fractal.

Cuatro alas…, ¿cuatro?

¿Cómo fue el «ahí te quedas» de la primera presa que escapó volando de su sorprendido depredador, hacia arriba o hacia abajo?

La noticia saltó el 14 de marzo de 2013 en la revista *Science*. El profesor Xing Xu [Zheng, 2013] de la Academia China de Ciencias y su equipo de la Universidad de Linyi han analizado con detalle once fósiles de los pájaros más primitivos y han llegado a la conclusión de que tenían cuatro alas plumosas para volar. Da para pensar sobre plumas y alas, sobre el vuelo y sobre los caprichos de la evolución. ¿En qué puede favorecer una pluma a su propietario? Los beneficios naturales han sido varios y diversos: aislar del frío y de la humedad, seducir (sobre todo los machos a las hembras) y volar. Los beneficios culturales tampoco son pocos: intimidar (sobre todo los varones a sus rivales), seducir (sobre todo mujeres a varones) y escribir con tinta líquida. A la estilográfica aún la llamamos pluma. Todos estos casos ilustran una misma innovación, la pluma, con diferentes funciones para sobrevivir. Sin embargo, no todo lo natural sirve para lo cultural y, desde Ícaro, más de uno se ha roto la crisma por empeñarse en volar con plumas. Se puede volar sin plumas, sí, pero no sin alas (insectos, murciélagos, peces, aviones…).

La conquista del aire ha sido una aventura obsesiva de la evolución. Todo empieza probablemente con la envidia ancestral que embarga a un animal, condenado a moverse irremediablemente pegado a la superficie del suelo, mientras contempla la facilidad con la que un gorrión escapa de un incendio o la elegancia con la que una gaviota se lanza a planear desde lo

alto de un acantilado. «Libre como un pájaro» significa disfrutar de la tercera dimensión gracias a las alas.

Los primeros en conquistar el aire fueron los insectos hace unos 350 millones de años. La idea tuvo un éxito notable y, mediado el Carbonífero, ya existían 11 órdenes de insectos alados (Pterigotas). Los segundos en volar fueron los reptiles, algo que lograron en pleno Jurásico, hace unos 170 millones de años (Pterodáctilos). Seguramente el mismo meteorito que hace 65 millones de años acabó con la existencia de los dinosaurios, mató también a la mayoría de los primeros pájaros, pero no a todos, debido quizás a su pequeño tamaño y, justamente, a su capacidad para volar. Y así nos plantamos en el 23 de octubre de 1906, cuando el franco-brasileño Alberto Santos-Dumont consiguió, por fin y por primera vez y ante testigos homologados, elevarse del suelo con un artefacto más pesado que el aire. No fue un salto ni un planeo sino un vuelo auténtico de 60 metros a 5 metros de altura. (Los hoy celebérrimos hermanos Wright declararon entonces que ellos ya habían volado tres años antes, pero su mérito real fue un planeo descendiente sin motor y sin testigos fiables).

La pluma que aísla, la pluma que presume, la pluma que vuela y la pluma que escribe son ejemplos de una misma innovación que diversifica sus funciones a golpe de selección natural y cultural. La pluma es una homología evolutiva (las plumas se parecen por una ascendencia evolutiva común). En cambio, el ala transparente de un insecto, el ala-aleta de un pez volador, el ala de piel de un murciélago, el ala plumosa de un pájaro y el ala metálica de un avión son ejemplos de innovaciones de origen distinto pero que convergen en la misma función: volar. El ala es una convergencia evolutiva (las alas se parecen por una trascendencia evolutiva común).

Sin embargo, hay algo paradójico, y por lo tanto interesantísimo, en la noticia que comentamos. Todo lo que vuela se ha estrenado en la evolución con un error (cuatro alas) que luego ha sido necesario corregir (dos alas). Los primeros insectos voladores tenían cuatro alas (como tienen las libélulas), los primeros dinosaurios voladores (como *Microraptor gui*) tenían cuatro alas (lo que sabemos desde hace solo diez años gracias al propio Xing Xu), los primeros pájaros tenían cuatro alas (lo sabemos desde hace pocos días) y los primeros aviones se diseñaron con dos alas dobles

(tanto el de Santos-Dumont en 1906 como el de los hermanos Wright en 1903, como el intento pionero de Chanute y Herring en 1890). Todos se consagran con dos alas pero todos empiezan con cuatro. Incluso existen especies de peces voladores, como *Cheilopogon exsiliens*, que exhiben cuatro alas (¿fueron también los primeros peces en volar?). La evolución trabaja con el error, eso ya lo sabemos, pero que el error inicial sea siempre el mismo, eso no lo sabíamos. No estamos ante una homología ni ante una convergencia, porque las cuatro alas no proceden de la misma innovación ni trascienden tampoco con la función de volar. Comprender en ciencia significa encontrar lo común entre lo diverso y eso es, justamente, lo que parece el reiterativo tanteo de las cuatro alas. En síntesis, hay algo que huele a conocimiento nuevo aunque todavía no sepamos de qué se trata… Se admiten sugerencias. Ahí va una:

Existe un gran consenso sobre por qué apareció la facultad de volar en la evolución: la presión de un depredador. Pero el *¡ahí te quedas!* que debió significar el primer vuelo de una presa a su sorprendido depredador se pudo dar de dos maneras diferentes: lanzándose al vacío desde la rama de un árbol o desde el borde de un barranco o despegando por velocidad desde el mismísimo suelo. Es decir, la conquista del aire ¿se hizo vía planeo o vía despegue? Sobre eso no hay consenso o, por lo menos, no lo había hasta ahora. El enigma de las cuatro alas como denominador común sugiere que primero fue el planeo, que es el sistema que más superficie de sus tentación requiere. Luego, con la perfección, dos alas fueron suficientes.

Los conejos de la isla de Porto Santo

Por un momento Darwin creyó haber encontrado la primera prueba directa de la aparición de una nueva especie

En la historia de la ciencia existen algunos ejemplos gloriosos de mentes que anticipan grandes teorías científicas sin que nada de la comprensión vigente de la realidad lo demande, es decir, sin que medie la menor incoherencia entre observación y conocimiento. Einstein propuso la teoría general de la relatividad (1915) sin necesidad aparente para ello. El estímulo para tan grandiosa aventura fue puramente intelectual. Lo que inspiró a Einstein fue sobre todo una cuestión de simetría. Detrás de la relatividad especial (1905) latía la idea de que la física no puede depender de la velocidad de un eventual observador, pero, además, existía una incompatibilidad irreconciliable entre el electromagnetismo de Maxwell y la relatividad de Galileo. En cambio, ninguna incoherencia teórico-experimental sugería que la relatividad especial debiera ampliarse. Lo que Einstein percibía era, en todo caso, una paradoja interna de la propia teoría. Si la física no depende de la velocidad del observador, ¿por qué no extender también la idea a su aceleración? La física no depende de quien la mire. Es pura estética: la ciencia puede ser falsa, pero no fea. Y esta estética es pura simetría: no existen observadores de privilegio. La noticia de que Arthur Eddington había confirmado la relatividad de Einstein (1919), midiendo la curvatura de los rayos del sol durante un eclipse, apareció en la portada de los diarios de todo el mundo. Anticipar los detalles de un eclipse partiendo de una hipótesis estética de la materia debió de suponer un gozo intelectual sublime para el físico (por mucho que él lo disimulara con coquetería).

La evolución por selección natural se inspiró en la observación de miles de casos, pero tampoco existían paradojas que resolver en el pensamiento vigente. Curiosamente, también había, eso sí, una asimetría latente: la posición central de lo humano dentro del reino animal. Y Darwin retira lo humano del centro, como hará Einstein con el observador, Freud con el consciente, la Revolución francesa con la aristocracia o Marx con la burguesía. Sin embargo, no es fácil encontrar al «Eddington» de Darwin. ¿En qué consistiría algo así? Pues bastaría con acreditar una especiación, es decir, la emergencia de una nueva especie. Pero eso es mucho más difícil que documentar un eclipse. Los tiempos de la evolución no son los de una vida humana ni los de toda la historia de la humanidad. Darwin no llegó a disfrutar de su propio «Eddington», aunque lo intentó. Es la poco conocida historia de los conejos de la isla de Porto Santo. Me la cuenta uno de los grandes especialistas en genética de conejos, el profesor Nuno Ferrand, durante las conversaciones destinadas a inspirar el futuro Museo de la Diversidad en la Casa Andresen en la ciudad portuguesa de Oporto.

En su libro *Crónica da Ásia*, João de Barros (1552) cuenta que, durante la travesía, una hembra preñada de conejo doméstico da a luz en su jaula. La tripulación se toma el episodio como una señal de progreso en la tierra prometida y la camada es liberada solemnemente en la pequeña isla de Porto Santo (Madeira). Progreso sí, pero progreso de conejos porque se multiplicaron tanto y tan rápidamente que a los dos años la población tuvo que abandonar la isla. Ningún cultivo llegaba a cosecha porque la plaga lo devoraba antes. Varios siglos después Darwin tuvo la oportunidad de estudiar dos ejemplares vivos enviados al zoo de Londres. A Darwin se le debió de acelerar el pulso al constatar que eran bastante más pequeños, que tenían hábitos exclusivamente nocturnos, que lucían una pequeña melena, que eran mucho más activos e indomables, que llevaban siglos aislados y, sobre todo, que no se cruzaban con sus ancestros ibéricos. ¿Se había separado ya el conejo isleño del continental? Así lo creyó el célebre biólogo Ernst Haeckel, defensor de Darwin, quien en 1868 describe al primero como una especie nueva y lo bautiza en honor de otro admirador de Darwin: *Lepus huxleyi*. Los estudios genéticos actuales confirman el enorme interés de este caso como adaptación de una especie a un cambio de

entorno, pero también dejan claro que el proceso de especiación, aunque en marcha, aún no se ha acabado de cocinar. Quizá dentro de unos pocos milenios…

¿Por qué es verde la vegetación terrestre?

Sí, pero…

Conversar es hablar después de escuchar y escuchar antes de hablar. Fácil de definir, difícil de practicar. En ciencia todo es conversación: *observar* es conversar con la naturaleza, *reflexionar* es conversar con uno mismo, *debatir* es conversar con mente ajena… Una mala noticia: nuestra tendencia es hacer trampas en la conversación en aras del prestigio personal o de la autoestima. Una buena noticia: cada vez que la conversación inicia un nuevo ciclo renovador se produce un gozo mental, es el gozo mental por conversación. Transcribo ahora una conversación señalando en ella los momentos exactos en los que salta el gozo por conversación al gusto de ciertos espectáculos que incluyen aplausos y risas en sus guiones (distinguiremos tres grados: !, !! o!!!):

—¿Por qué son masivamente verdes las plantas terrestres? ¿Por qué no rojas o azules? ¿Por qué no lucen todos los colores por igual?

—*La clorofila es una sustancia que interviene en el metabolismo de las plantas para convertir luz en glucosa: la fotosíntesis. Y resulta que ocurren dos cosas: la clorofila es un pigmento verde (1) y las plantas son masivamente fotosintéticas (2).*

—Sí, pero lo mismo ocurre con las plantas acuáticas. También usan la fotosíntesis. También tienen el pigmento verde. Sin embargo, se pueden encontrar plantas marinas de todos los colores: verdes, amarillas, rojas, azules… Son verdes aquellas en las que predomina el pigmento verde como la clorofila, pero a veces domina otro pigmento que puede ser de cualquier color, rojo, azul… Y ahora pregunto de nuevo… ¿Por qué son verdes las plantas terrestres?

—Vaya, hombre… vuelve la misma pregunta, pero ya no vale la misma respuesta. El círculo no se cierra. A veces confundimos «comprender» con «estar acostumbrado a». ¿Por qué son verdes las plantas terrestres? La repregunta proporciona cierto gozo porque ahora sabemos que no sabemos(!)…

—Sabemos que la vida empezó en el mar, sabemos que hubo un tiempo en el que todas las plantas eran acuáticas, sabemos que a lo largo de millones de años muchas de ellas, quizá miles de ellas, intentaron conquistar tierra firme, sabemos que lo normal en la innovación espontánea es el fracaso, sabemos que hubo por lo menos una, ¡una heroína!, que lo consiguió…

—… y es posible que todas las plantas terrestres desciendan de esa heroína, de la que consiguió salir del agua e independizarse de vivir en ella. Es la madre de toda la vegetación terrestre. ¡Es un auténtico cuello de botella evolutivo! Y atención, atención. Esa planta podía haber sido de cualquier color pero resulta que fue verde(!!!)…

—Sí, pero permíteme un comentario: resulta que no es verdad que en el mar no domine un color en las plantas. Por lo menos localmente no es verdad… Pienso por ejemplo en las bellísimas y verdísimas praderas de posidonias. ¡Son uniformemente verdes y lo son dentro del agua!

—Sí, pero atención, atención: las posidonias son plantas de origen terrestre (!!). O sea, la planta que consiguió salir del agua fue verde (como pudo ser roja), en tierra firme triunfó y se diversificó pero siempre en verde, y cuando volvió al mar y retriunfó en él, se expandió también en verde…

—Es decir, las posidonias son como los mamíferos que vuelven al mar. Los anfibios y reptiles salen del agua, fuera del agua se inventa el concepto mamífero, y el mamífero vuelve al mar… (!)

—Los dos episodios se parecen mucho, sí. Y volviendo a la vegetación terrestre: si la primera en salir hubiera sido roja, el paisaje sería rojo, habríamos coevolucionado con ese color y hoy el color rojo sería un color que nos relaja, el color de la naturaleza… y las praderías marinas de origen terrestre, por cierto, serían también rojas…

—Sí, pero volviendo al caso de los mamíferos marinos, está más que claro que el llamémosle Gran Retorno no tuvo por qué ocurrir en una sola ocasión…

—¿?

—Basta comparar un manatí (que es vegetariano) con una foca (que es carnívora) (!)…

—*El manatí pudo proceder de un bóvido que huía de sus depredadores. Empezó frecuentando la playa desde donde se ven llegar a los depredadores desde más lejos y donde da tiempo a sallar dentro del agua y esperar allí a que el depredador se canse y se marche (a los felinos, por ejemplo, no les gusta mucho el agua). Por eso el manatí sigue siendo vegetariano(!!)…*

—Y la foca pudo proceder de un carnívoro que se había quedado sin comida en tierra. Empezó comiendo un pez podrido que flotaba en el río, siguió pescando peces frescos, nadando tras los peces llegó al mar en el que poco a poco se fue adentrando. Por eso la foca sigue siendo carnívora(!!)…

—*A estas alturas, el paisaje verde es una propiedad antigua y bien asentada. Pero depende casi seguro de un modesto y frágil episodio, quizá de un suave golpe de brisa ocurrido en un rincón durante un instante hace centenares de millones de años. Si el golpe de brisa se produce un poco más allá o en un instante un poco más aquí, quizás el paisaje sería hoy rojo en lugar de verde (!!), quizá no habría ningún habitante para preguntarse cómo demonios hemos llegado hasta aquí y quizás este artículo no se habría escrito jamás.*

El progreso moral

No es fácil adelantarse al espíritu de los tiempos, pero ¡qué fácil es quedarse atrás!

Las cuatro pasiones humanas fundamentales se obtienen por combinación simple de dos pares de conceptos: lo propio (y lo ajeno); la alegría (y la tristeza). Se trata de la alegría empática, que es la alegría propia por la alegría ajena (1); de la envidia, que es la tristeza propia por la alegría ajena (2); del placer morboso, que es la alegría propia por la tristeza ajena (lo que los filósofos románticos alemanes denominaban *Shadenfreude*) (3); y la compasión, que es la tristeza propia por la tristeza ajena (4). También se puede hablar de la autocompasión (tristeza propia por la propia tristeza), de autoestima (alegría propia por la propia alegría), y de dos formas diferentes de melancolía: la alegría propia por la propia tristeza y la tristeza propia por la propia alegría. Sin embargo, las pasiones de mayor trascendencia social son las cuatro que combinan lo propio con lo ajeno. En efecto, la alegría empática está en la raíz del progreso social (qué contento me da tu contento), la envidia está en la base de la resistencia del progreso creativo (cómo me duele tu contento), el placer morboso está en la raíz de la resistencia al progreso moral (qué contento me da tu pena) y la compasión es el motor del progreso social (qué pena me da tu pena).

El progreso moral resulta, pues, de un tenso compromiso entre dos grandes fuerzas: la compasión que empuja a favor, y el placer morboso que empuja en contra. He aquí las dos grandes preguntas:

¿Existe el progreso moral? Y, en caso de que así sea, entonces, ¿qué o quién impulsa el progreso moral?

El siglo XX en Europa ha sido sin duda el más cruel y sanguinario con sus guerras mundiales, sus regímenes totalitarios y sus genocidios psicópatas. Sin embargo, y a pesar de ello, se puede asegurar que el progreso moral existe desde el mismo amanecer de la humanidad.

El progreso moral se mide por el grado de ampliación del dominio del sentimiento de compasión. Según arqueólogos de la Universidad de Nueva York, existen evidencias de compasión en los chimpancés desde hace seis millones de años. Hace casi dos millones de años *Homo erectus* ya se dedicaba a aliviar las penas de familiares cercanos, curaba enfermos y se entristecían con su muerte. Hace unos cincuenta mil años, *Homo neanderthalensis* ya protegía a los más frágiles (se ha encontrado un individuo con un brazo atrofiado, pies deformes y ciego de un ojo que vivió hasta los veinte años). Desde hace 120 000 años, *Homo sapiens* ha ido ampliando los dominios de su compasión hacia los forasteros y los animales. Aunque muy poco a poco, pues en el año 80 el emperador Tito organizó una fiesta en el Coliseo romano que duró cien días y en la que murieron nueve mil animales salvajes. Pero la compasión sigue ensanchando su campo de vigencia porque en el siglo V se eliminan las luchas de gladiadores y en el VI el humano empieza a avergonzarse de los espectáculos con luchas a muerte entre animales. La esclavitud no queda abolida oficialmente hasta el siglo XIX y las mujeres ganan el derecho a votar en pleno siglo XX. Aún quedan esclavos en muchos lugares del planeta y aún existen colectivos donde una mujer no puede conducir un automóvil. Sin embargo, el progreso moral ya los hace indefendibles. No es fácil adelantarse al espíritu de los tiempos, pero ¡qué fácil es quedarse atrás!

El espíritu de los tiempos es eso que los filósofos alemanes llaman el *Zeitgeist*, el clima cultural de una época, una rara combinación de los nuevos conocimientos adquiridos, de la comunicación y de la conversación entre personas que no ignoran lo mismo… El *Zeitgeist* no es, por definición, fruto de sólidas convicciones ni de tradiciones ancestrales. Por eso ningún músico escribe hoy como Mozart y por eso es tan difícil componer al estilo de la música del siglo próximo.

Como muy finamente advierte Richard Dawkins, ni siquiera los visionarios más avanzados de su tiempo tienen la perspectiva suficiente

para abarcar el *Zeitgeist* que les ha tocado vivir. Abraham Lincoln declaró que jamás estaría a favor de la existencia de jueces negros y Charles Darwin dijo que costaba creer que los indios de la Tierra de Fuego fueran seres humanos y habitantes del mismo planeta. Hoy ellos mismos se quedarían helados de sus propias palabras.

En 2012 visité la isla de Lobos, frente a Punta del Este, en Uruguay. Las mismas personas que antes mataban los lobos marinos a bastonazos para comerciar con su piel, con su grasa y con los testículos de los machos, hoy los cuidan y protegen. Por allí ya sopla la fresca brisa del *Zeitgeist*. Pero aún no se puede decir lo mismo de la aldea japonesa de Taiji, donde cada año el agua de la bahía se tiñe de rojo con la sangre de veinte mil delfines, ni de ciertas gastronomías en las que aún se despellejan vivos a los animales que luego se tuestan en la sartén.

El bienencontrado

Los cazadores que pagan por el derecho a matar son éticamente más difíciles de comprender que los furtivos que matan por el derecho a cobrar

En septiembre de 2011 se celebró en Ciudad del Cabo, Sudáfrica, el sexto congreso mundial de centros de ciencia y unos pocos participantes tuvimos el privilegio de visitar, durante cuatro días, el parque de Welgevonden (en afrikáner: «Bienencontrado»). La reserva tiene un total de ciento veinte mil hectáreas de sabana prístina a solo trescientos kilómetros de Johannesburgo. Esta época del año, a punto de empezar la primavera y justo antes de las primeras lluvias, es la mejor para observar la vida animal. Una tímida jirafa vigila al intruso pegada a la desnuda fractalidad de la fronda de un árbol. Quizá no sea consciente de que se le ven sus larguísimas patas por debajo de las ramas y que su cabeza es visible tras ellas porque aún no han brotado las hojas. Los rinocerontes pastan plácidamente en las anchas praderas de herbáceas doradas. Los elefantes comen del suelo y de los árboles sin preocuparse demasiado por todo lo que llegan a destrozar con solo empujar. Un guepardo jadea a la sombra de una acacia junto al impala que acaba de abatir. Ni una gota de sangre. La presa parece dormir y se diría que el depredador protege su sueño. Los babuinos sestean a la sombra como agotados después de una larga asamblea. Un majestuoso león macho patrulla para asegurarse de que ningún intruso merodea en sus dominios (para eso «le pagan»). Ahora se ha tendido entre unos arbustos sin que un grupo de nerviosos facoceros se percaten de su presencia. Los compactos jabalíes africanos comen la hierba verde y tierna que brota de las cenizas de un fuego reciente, pero el aire sopla hacia el perezoso león que,

de todos modos, ya ha decidido que ahora no loca atacar a nadie. Un grupo mixto de ñus, cebras y antílopes se pone a galopar. Todos huyen en la misma dirección por la misma falsa alarma.

La intensa alegría que da espiar la vida salvaje quizá sea un recuerdo genético y ancestral de cuando nosotros mismos formábamos parte de ella. Sin embargo, los magníficos documentales suelen dar una visión magníficamente falsa de lo que se observa *in situ*. Todo lo que aparece en ellos es cierto (porque se trata de filmaciones), pero la atmósfera es falsa porque concentrar violentas escenas de depredador presa, por ejemplo, distorsiona la globalidad de la vida salvaje. *La observación altera lo observado* no es una afirmación exclusiva de la mecánica cuántica. Pero así como un científico observa procurando alterar lo mínimo aquello que observa (principio de objetivización para así obtener la máxima universalidad posible de su conocimiento), el naturalista también disfruta sorprendiendo el comportamiento animal en su esencia más pura posible. Para eso sirve, entre otras cosas, un teleobjetivo 200-400…

En eso estábamos cuando nos llega la noticia: dos cazadores furtivos pertrechados con todo lo necesario para matar rinocerontes han sido detenidos hoy por los *rangers* de la reserva de Welgevonden. El tiroteo ha sido feroz y peligroso. Mientras unos procuran no molestar, otros arriesgan su vida en honor de los presuntos poderes afrodisiacos del cuerno del rinoceronte. Sin embargo, hay algo peor que el delito por ignorancia. En Welgevonden no se puede cazar nada, pero en muchas otras reservas los cazadores acuden de todo el mundo para llevarse un búfalo, un león o un antílope… Ven, ¡paga!, dispara y gana un trofeo para colgarlo en la pared. Los que pagan por el derecho a matar son éticamente más difíciles de comprender que los que matan por el derecho a cobrar. El furtivismo se puede combatir con un poco de cultura. Se trata de convencer, por ejemplo, de que los huesos de los tigres y los cuernos de los rinocerontes no sirven en absoluto como solución para la disfunción eréctil. Es una tarea muy complicada pero se puede conseguir. En cambio, los que cazan por deporte defienden su actividad como cultura y como tradición. La expresión *cazador deportivo* ya es por sí misma una contradicción intrínseca. La emoción de descubrir la cabeza de un león entre la maleza es muy superior

a descubrir la cabeza de un león colgando de una pared. ¿Es eso tan simple tan difícil de comprender?

3
Lenguaje



Sin lenguaje no se puede comparar, sin comparar no se puede comprender.

Carrozas sin caballos

Una revolución tecnológica puede tardar más o menos en lograrlo, pero siempre acaba encontrando el lenguaje que le es propio

Hay ideas que nacen y germinan en la mente pero que luego se quedan dando vueltas sin acabar de salir al mundo para ponerse a prueba. En una ocasión, en un museo tecnológico, me quedé de pie frente a una pieza que forma parte de la memoria colectiva y que todo el mundo ha visto una y cien veces en original y en fotografías. Se trataba de una de esas primeras bicicletas con una rueda delantera monumental y una minúscula rueda trasera. Incomprensiblemente para mí, nunca me había hecho la pregunta. ¿A qué responde un diseño tan forzado y grotesco? ¿Para qué sirve una asimetría tan salvaje? Ocurre con frecuencia que de tanto ver una cosa, uno acaba confundiendo «comprender» con el *«déjà vu»*. Y no. No es lo mismo. No es lo mismo ver cada día la luna colgada en el espacio que comprender por qué aquella no se precipita sobre la Tierra. Me dirigí directamente al conservador del museo que me acompañaba en la visita y me dispuse a recibir una explicación fulminante del experto. Pues no. Después de un breve balbuceo dijo que la pregunta no tenía una respuesta precisa, que se trataba de una cuestión puramente estética… Inaceptable. Se podía contestar cualquier cosa menos que el gusto de la época consistía en elegir la alternativa más incómoda posible o que en la antigüedad juegan a ser antiguos. La respuesta improvisada en una breve conversación resultó ser cierta. La rueda delantera era del mayor diámetro posible sencillamente para que la bicicleta adelante lo máximo con cada pedalada. El pedal era sencillamente una biela solidaria al centro de la rueda y todavía no se había inventado la cadena de transmisión entre piñones de distinto diámetro. El

pequeño diámetro de la rueda trasera se explica ya por un deseo de minimizar el peso de la bicicleta. Después de haber comprendido se vuelve la vista sobre la pieza y ¡gozo intelectual!

Una pieza original de museo es, en principio, un objeto mudo, pero la tarea de un museólogo es, justamente, hacerle hablar, ¡hacer que cante! Hay mucho gozo intelectual oculto entre las piezas de museo. Comprender es hallar qué hay de común entre cosas diferentes, y aquel mismo día, durante el mismo paseo, me vino a la mente una comprensión que ya no sé si la he leído en algún lugar o si he sido yo mismo quien la ha soñado. Tiene que ver con momentos muy especiales de la evolución: aquellos en los que se produce una innovación radical. Más exactamente, son aquellos instantes que separan el final de una era tecnológica y el principio de la nueva. Por importante que sea el salto tecnológico, la estética del primer artefacto de la nueva era aún es la del último de la era antigua. Optimizar y adaptar las formas requiere más tiempo de lo que parece. Encontrar un lenguaje propio requiere su tiempo.

Un ejemplo: la primera motocicleta era una bicicleta a la que habían adosado un motor más torpemente que menos. La motocicleta emprendería entonces un largo camino hasta encontrar su propio lenguaje. En una motocicleta actual ya es muy difícil adivinar la bicicleta. Otro ejemplo: los primeros automóviles a motor tenían el aspecto de un carruaje sin caballos. Tanto es así que uno aún cree ver el pescante de los cocheros y el espacio dispuesto para enganchar los caballos que ya nunca se engancharán. Desde entonces a los actuales bólidos de Fórmula 1, a los elegantes coches ingleses o a los potentes coches italianos, el automóvil no ha dejado tampoco de buscar su propio lenguaje. En cualquiera de estas máquinas tampoco queda ya ni rastro de la carroza original. El primer cine era teatro filmado. Los primeros televisores eran enormes muebles de madera en torno a los cuales se reunían las familias para oír la radio, pero que ya tenían una minúscula pantalla. Las máquinas de escribir son como los dinosaurios, emergieron, evolucionaron, triunfaron, dominaron y se extinguieron…

Una revolución tecnológica puede tardar más o menos, pero siempre acaba encontrando el lenguaje que le es propio. La mismísima museología

empezó encerrando todo en vitrinas. Ha tardado siglos pero también ha evolucionado hasta encontrar un lenguaje basado en tres palabras museográficas que le es propio. Estas palabras esenciales no tienen que ver con la palabra escrita, ni con la hablada, ni con la imagen ni con el sonido, ni con los juegos de ordenador. Son solo tres: el fenómeno real, el objeto real y la metáfora y con ellas se puede construir una gramática potente para transmitir cualquier emoción.

Variaciones sobre una metáfora de Feynman

El mirón que aprende a jugar al ajedrez en un café es comparable al científico que persigue las leyes fundamentales de la naturaleza observando el mundo

En su libro *El carácter de la ley física*, el genial Richard Feynman ofrece una de sus bellas metáforas: la naturaleza se puede comparar a una colosal partida de ajedrez. *Mirando la partida* (observando la realidad) *se pueden descubrir las reglas de juego* (las leyes fundamentales de la naturaleza). El científico es el mirón de café. Hasta aquí, Feynman. Veamos ahora si la idea da para algo más.

Juegan las blancas: peón cuatro rey. El jugador selecciona una jugada entre todas las posibles (las permitidas por las reglas del juego). Las reglas son restricciones (prohibiciones). En general, queda libertad para seleccionar. ¿Para qué? Para ganar (o, por lo menos para no perder). Durante un proceso real, la naturaleza salta de un estado a otro. El nuevo estado es uno de los compatibles con las leyes de la naturaleza. Decide la selección, fundamental o natural, cuyo criterio es la estabilidad (seguir estando) o la supervivencia (seguir vivo). Las leyes fundamentales son más restricciones que obligaciones. Un móvil que respete la conservación de la energía, pero viole el aumento de entropía no puede ser real (imposible construir un barco que navegue indefinidamente robando calor al mar). *Es una jugada prohibida*. Una gran acumulación de restricciones puede llegar a dar la impresión de una obligación. Es la sensación del artillero que dispara con un cañón. Fijadas unas condiciones iniciales, la parábola de la trayectoria queda determinada. *En ajedrez existe el concepto de jugada forzada. Es el alivio o frustración ante un empate por repetición de*

jugadas; es la humillación ante una derrota por jaque mate inevitable, En general, las leyes no obligan, solo prohíben. Ocurre en la naturaleza, en el ajedrez, en el derecho penal, en la ética, en el tráfico… La naturaleza tiene derecho intrínseco a una dosis de contingencia. Hay margen para la selección. En ella reside la creatividad de la evolución biológica, la del *jugador de ajedrez*, la (deplorada) de un delincuente o la (celebrada) de un artista. De química para arriba (biología, etología, sociología, economía…), todo parece encajar con esta noción de ley natural.

Pero no parece ocurrir lo mismo con las disciplinas más deslumbrantes de la física. Sus leyes (las de Newton en mecánica, la de Einstein en relatividad, las de Maxwell en electromagnetismo, las de la óptica geométrica, la de Schrödinger en física cuántica…) se escriben con ecuaciones diferenciales que más bien sugieren un mundo pre-escrito, el mundo sin tiempo de Laplace, Einstein o Spinoza. *El jugador cree que ha inventado una partida ganadora de ajedrez cuando en realidad no ha hecho más que elegir una de las* 10^{120} *partidas posibles (en el universo hay del orden de* 10^{80} *átomos)*. La precisión infinita en las condiciones iniciales está recortada por nuestra torpeza o ignorancia. Pero no todo es imprecisión. El gran Poincaré demostró, a finales del siglo XIX que, salvo en casos muy particulares, ni siquiera es posible integrar las ecuaciones del movimiento (clásicas o cuánticas). Cerca de una inestabilidad siempre hay margen para eludir una obligación y ceder el paso a una selección.

La eficacia tampoco está de más. Los procesos naturales tienden a minimizar la energía… *El ajedrecista que puede ganar en dos jugadas no lo hace en tres*.

Se podría inventar un juego apto para científicos. En él, las reglas del juego no serían el punto de partida, sino el punto de llegada: un jugador las inventa, el otro las descubre. Y viceversa.

Ajedrez… y más allá

El ajedrez no morirá con los ordenadores por la misma razón que el ciclismo no ha acabado con el atletismo (Karpov dixit*)*

Lo sostiene Leontxo García en su libro *Ajedrez y ciencia, pasiones mezcladas*: existen auténticos niños prodigio en pocas disciplinas, quizá solo en tres, matemáticas, música y ajedrez. La expresión niño prodigio no significa aquí talento admirable *para su edad*, sino admirable en valor absoluto. Fuera de estas tres disciplinas existen genios adolescentes que escriben, que pintan o que juegan al fútbol, pero nunca llegan a disputar el mismo espacio que ocupan los genios adultos. Sin embargo, a los doce años Arturo Pomar hizo tablas con el legendario Alexander Alekhine, los conciertos del Mozart adolescente forman parte del repertorio de los grandes violinistas y cualquier matemático admira la teoría de grupos que Galois concibiera siendo aún menor de edad. ¿Por qué? ¿Qué tienen en común el ajedrez, la música y las matemáticas? La afilada observación de Leontxo no es fácil de analizar. Se diría que la matemática, la música y el ajedrez son construcciones puramente mentales que deben su eficacia a un lenguaje universal y potente.

El texto de Leontxo García rebosa de intuiciones que manan del ajedrez y van más allá porque está escrito por un observador que es a la vez jugador, periodista y amante pasional de este juego milenario. Lleva décadas como testigo directo de los grandes acontecimientos ajedrecísticos desde que, como tantísimos otros, fuera abducido y seducido en 1972 por el encuentro entre Fischer y Spasky por el título mundial. Desde entonces el autor ha estado siempre en primera fila como testigo, como divulgador y

como conversador imprescindible. Algunas de sus conclusiones merecerían encontrar la manera de trascender. Mencionaré solo cuatro.

La primera tiene que ver con el mundo de los genios del ajedrez. Cada generación tiene dos o tres jugadores de leyenda. Conversar sobre sus aciertos y errores alimenta la creatividad humana: José Capablanca, la apisonadora invencible; Tigran Petrosian, la calma granítica por posición; Mijaíl Tal, la imaginación arriesgada por combinación; Bobby Fischer, la rebeldía innegociable del genio de todos los genios; Gari Kaspárov, líder durante dos décadas y, para muchos, el más grande de todos los tiempos; Miguel Najdorf, un portento mental que en 1947 jugó 45 partidas simultáneas (!) a ciegas (!!) ganando 39, empatando cuatro y perdiendo dos, durante 21 horas seguidas, mientras sus adversarios se turnaban para descansar (¿cómo se consigue algo así?, el libro lo explica); Magnus Carlsen, el jovencísimo número uno actual y el jugador más fuerte de la historia (según el coeficiente ELO)… Por cierto, algo similar ocurre con las personalidades de los grandes violinistas: Jascha Heifetz, el rigor electrizante; Isaac Stern, la profundidad envolvente; David Oistrakh, la rotundidez expresiva; Yehudi Menuhin, el sonido del espíritu; Zino Francescatti, la frescura mediterránea; Nathan Milstein, la elegancia cristalina; Michael Rabin, el virtuosismo de terciopelo… sin olvidar, tampoco aquí, el gran interés de sus fallos y defectos.

Un resultado central del libro está en la aportación que el ajedrez puede hacer a la educación. Y no se trata de una sospecha sino de toda una serie de argumentos encadenados: el ajedrez desarrolla la capacidad de análisis y de toma de decisiones, enseña a valorar situaciones, no busca excusas o culpables y estimula el ejercicio de una gran diversidad de aspectos de la inteligencia. Yo solo añadiría que el ajedrez prestigia y entrena la conversación. En ciencia toda comprensión ocurre en el extremo de alguna forma de conversación: observar o experimentar es conversar con la realidad, reflexionar es conversar con uno mismo, trabajar en equipo requiere conversar con los colegas… pero nuestro vicio más extendido consiste en no escuchar al interlocutor mientras se espera turno para volver a hablar. ¿A qué jugador de ajedrez se le ocurriría mover pieza sin interesarse seriamente por el último movimiento de su adversario?

La tercera sospecha de Leontxo García se centra en la relación entre el ajedrez y la salud. En los últimos años han aparecido varias investigaciones científicas sobre el impacto de la práctica del ajedrez en ciertas funciones cerebrales. El dato más relevante tiene que ver con la enfermedad de Alzheimer. La revista *New England Journal of Medicine* publicó un trabajo en 2003 que mostraba que las personas que juegan regularmente al ajedrez reducen el riesgo de contraer esta enfermedad en un 75 por ciento. La muestra era de 469 personas de más de 75 años. Hoy la investigación continúa con vigor pero, mientras tanto, hemos ganado un argumento más a favor de la introducción del ajedrez en la educación.

Y mencionemos finalmente la situación creada por la descarada superioridad de los ordenadores sobre los humanos en ajedrez (épica crónica en el libro sobre la derrota de Kaspárov frente a las máquinas). Las preguntas son ahora turbadoras. ¿Estamos ante el final del ajedrez? El ajedrez no morirá con los ordenadores por la misma razón que el ciclismo no ha acabado con el atletismo (Karpov *dixit*), pero la rápida sofisticación de los programas ya ha cambiado la práctica del juego (es decir, ya no se aplazan las partidas). Por otro lado nacen nuevas modalidades de torneos (es decir, partidas en las que los jugadores acuden con su propio ordenador, una especialidad *Homo sapiens*-máquina comparable a la Fórmula 1 en automovilismo).

¿Piensan ya las máquinas? Muchos entusiastas del silicio son coherentes con el nombre que dan a su especialidad: inteligencia artificial (¿un abuso del lenguaje?). Sin embargo, aún estamos lejos de vivir la profecía de Arthur Clarke que alude al día en el que los ordenadores se enamoren o no se dejen desenchufar. Un programa de ajedrez de 50 euros ya gana al campeón del mundo, aunque sea incapaz de mantener una simple conversación con un humano sin que se le vea el plumero (criterio de Turing). Gracias al ajedrez existen hoy ordenadores que diseñan tácticas y estrategias, que calculan miles de millones de posiciones por segundo, que combinan o consultan todas las partidas de la historia, pero no solo eso: también parecen empezar a manejar intuiciones.

Según Leontxo García, el ajedrez podría cambiar el mundo de la salud y del conocimiento. Y yo lo suscribo.

Superar el listón de una vez por todas

Derribar el listón es el episodio más frustrante
del espectáculo atlético

México, 19 de octubre de 1968. El aire es perfecto, la altura sobre el nivel del mar es perfecta, el momento es perfecto. Bob Beamon se concentra perfectamente, corre y acelera a la perfección, la batida en la tabla es perfecta como perfecto es el salto, el vuelo y el aterrizaje en la arena. Durante seis segundos todo ha sido perfecto. El instrumento de medida no está preparado para un salto de otro milenio y el juez que lo maneja pide ayuda a sus colegas con una mirada desconcertada. El estadio olímpico contiene el aliento. Y por fin se anuncia la marca estratosférica: 8,90 metros. La sucesión y convergencia de perfecciones tardará 23 años en repetirse. Fue durante un duelo inolvidable entre Carl Lewis y Mike Powell (mundial de atletismo de Tokio en 1991). La marca de Powell fue de 8,95 metros, por lo que ya lleva vigente 21 años. Milagros atléticos así son posibles. Hay que pensar que el salto de Beamon superó en 0,55 metros el récord anterior cuando las mejoras durante el último siglo habían sido de menos de 0,15 metros. Además, la mejor marca de Beamon antes de su proeza fue solo de 8,33 metros y de 8,22 metros después de aquella. Tal es la grandeza épica del salto de longitud.

Hablemos ahora de los saltos de altura (con o sin pértiga). En este caso el reglamento obliga a usar un artefacto llamado listón. Curiosamente, estas dos disciplinas son las únicas del atletismo en las que la marca se mide antes y no después de la prueba. Hace un siglo no había otra opción pero hoy, a punto de empezar los Juegos de Londres de 2012, la situación ya no tiene disculpa. Veamos algunas razones.

En los saltos de altura se reduce la épica atlética porque el concepto listón castra de antemano cualquier eventual convergencia de perfecciones. Beamon o Powell tuvieron la ocasión para dar el salto de su vida. Un saltador de altura también puede dar el salto de su vida, es verdad, pero no le servirá de nada porque el reglamento solo le reconoce la altura a la que se ha (pre)colocado el listón. En cualquier otra prueba se mide la proeza real. El atleta vencedor en salto de longitud, triple salto o cualquier lanzamiento triunfa con la mejor marca conseguida en cualquiera de sus intentos. El vencedor en los saltos de altura, en cambio, es el último que falla, es decir, el último que derriba el listón. Derribar el listón es quizás el episodio más frustrante del espectáculo atlético. Tal es la poca heroica despedida del héroe: fracasar o abandonar. Pero eso no es lo peor. Lo peor es que el vencedor de la prueba no tiene por qué ser el que ha saltado más alto. Un atleta puede saltar dos metros veinte con el listón situado a dos metros y perder la prueba contra alguien que ha superado el listón a dos metros y diez centímetros con la holgura de un milímetro. Por otro lado, el desempate de dos atletas que han superado el listón colocado a la misma altura se decide por el número total de intentos fallidos, lo cual tampoco hace honor al lema olímpico del *citius, altius, fortius*, sino en todo caso en honor al atleta menos fallón. Eso tampoco ocurre en ninguna otra prueba del atletismo.

Otro argumento para superar el concepto listón se inspira precisamente en el citado lema olímpico. Actualmente casi todo tiene premio económico, por ejemplo, batir un récord del mundo. Nada que objetar. Un premio económico es un estímulo lícito, pero ¿a qué atleta de elite le va a interesar batir un récord de otro siglo, como hizo Bob Beamon, si puede secuenciar el premio de un récord grande en cinco premios de la misma cuantía para cinco récords más pequeños? En ninguna otra prueba atlética se puede *dosificar* así una plusmarca mundial. Sin listón un atleta no puede afinar la marca que va a hacer. Solo puede esmerarse para contraer tiempos o para dilatar distancias al máximo. El listón, en cambio, permite que el atleta de elite regule a placer la evolución del récord para sacarle la mejor rentabilidad. La gran saltadora de pértiga rusa Yelena Isinbayeva ha batido el récord mundial 28 veces en los últimos nueve años, 15 al aire libre y 13

en pista cubierta. Gloria y premio centímetro a centímetro. ¿Por qué voy a batir un récord por 24 centímetros si puedo batirlo 28 veces por 1 centímetro?

¿Cómo superar el listón de una vez por todas? Una cámara ultrarrápida (o la intercepción de rayos láser) permitiría equiparar los saltos de altura a cualquier otra prueba del atletismo. El espectáculo no solo no se vería afectado (el listón podría mantenerse como referencia para el atleta y el espectador) sino que ganaría mucho en interés, emoción y belleza. ¿Por qué cuesta tanto que el deporte esté en sintonía con la ciencia y la tecnología de su tiempo?

Uno de los espectáculos más bochornosos del fútbol es el teatro que hacen jugadores hechos y derechos para simular faltas y mendigar así la compasión del público y de los jueces. ¿Para cuándo un juez auxiliar que pueda revisar con tres cámaras *in situ* y en diez segundos cualquier jugada conflictiva? Continuará…

Piedra, papel y tijera

Si A come a B, B come a C y C come a A,
entonces nadie puede comerse a nadie impunemente

La conjetura me la confió un viejo pescador de Llanca (Girona) con el que solía pasear en barca. Todo su conocimiento de la vida submarina era una deducción de lo que había caído en sus redes, casi diariamente, a lo largo de más de cincuenta años. No necesito bucear, decía, para saber que, ahí abajo, las criaturas pasan mucha hambre, pero atención a lo que sigue. En general, lo más grande se come a lo más pequeño, de acuerdo, pero ¿es siempre así? Si uno escoge bien los tamaños de los individuos quizá se pueda demostrar lo que yo creo haber observado: el congrio come pulpo, el pulpo come bogavante y el bogavante come congrio. ¿Sorprendido? Usted, que es científico —me retaba—, podría hacer la prueba confinando un congrio, un pulpo y un bogavante en un acuario. ¿Qué cree usted que sucederá? Y se contestaba a sí mismo. Pues algo extraordinario: se irán cada uno a un rincón para aterrorizarse tranquilamente.

El cálculo parece razonable: si A come a B, B come a C y C come a A, nadie puede comerse a nadie impunemente. Cualquiera de los tres es a la vez depredador y presa y si a cualquiera de los tres se le ocurre comerse a la que es su presa entonces quedará inmediatamente indefenso ante el que es su depredador. En buena lógica, hay que pensar que los tres se respetarán en una tensa paz a tres bandas. La verdad es que nunca he tenido la oportunidad de comprobar si los tres animalitos se comportan en buena lógica o si, por el contrario, el más impaciente desatará su propia ruina justo después de haber devorado a su presa. En una ocasión, en una sola, el pescador consiguió atrapar a los tres en un mismo día. Trató entonces de

probar su conjetura dejándolos juntos en el fondo de una cesta. Pero también reconoce que, en aquella situación inhóspita, respirar era más urgente que comer.

Este caso singular tiene su universalidad. Basta recordar el popular juego de piedra, papel y tijera. Dos contendientes esconden una mano y las presentan simultáneamente en forma de piedra (el puño), de papel (la palma) o de tijera (dos dedos en uve). El papel gana a la piedra (porque la oculta), la piedra gana a la tijera (porque la rompe) y la tijera gana al papel (porque lo corta). La idea es una alternativa algo más divertida que la del socorrido «pares o nones».

Supongamos ahora que las naciones recelan las unas de las otras. Por desgracia, eso no es mucho suponer. Una nación necesita cierta cohesión social de sus ciudadanos para definir una identidad colectiva. Y como bien se sabe, cohesiona más el recelo hacia los de fuera que la confianza hacia los de dentro. La convivencia entre dos superpotencias es inestable si su relación se basa en la desconfianza mutua. Una tos puede provocar una ráfaga, una ráfaga una guerra y cuando el que ha tosido se disculpa, entonces puede que la primera batalla sea ya irreversible. ¿Qué es más peligroso, una guerra fría entre dos o entre tres? En el segundo caso hay que vigilar dos frentes, uno para sorprender y el otro para no ser sorprendido. No se puede ser agresor sin ser víctima inmediatamente después. La cuestión es: puestos a desconfiar, ¿no será mejor una desconfianza a tres bandas que a dos? Tres puntos definen un plano. Por eso un trípode es más estable que un bípode. La naturaleza ha dado bípedos y cuadrúpedos, pero los únicos trípedos son cuadrúpedos cojos o bípedos con bastón. En buena lógica la guerra fría entre tres potencias es menos guerra y más fría que la guerra fría entre dos. Sin embargo, y una vez más, la buena lógica entre naciones desconfiadas tampoco está garantizada.

En los meses anteriores a una de las últimas ediciones del torneo de tenis Roland Garros, se dio otro buen ejemplo de triple depredación cíclica. Nadal le tiene comida la moral a Federer, Federer domina a Djokovic y Djokovic le gana varias finales seguidas a Nadal. Los tres primeros jugadores del mundo acuden a París con una relación mutua muy parecida a la del congrio-pulpo-bogavante: Nadal come Federer, Federer come

Djokovic y Djokovic come Nadal. Los tres mejores jugadores del mundo alcanzan las tres plazas de las semifinales del torneo. Tal como fueron las cosas, Nadal gana la copa porque Federer y Djokovic se enfrentan antes en las semifinales. Si en las semifinales se hubieran enfrentado Nadal y Federer, el campeonato se lo hubiera llevado Djokovic. Y si en las semifinales se hubieran enfrentado Nadal y Djokovic el vencedor hubiera sido Federer. Todo ello en buena lógica, pero el tenis, por suerte para jugadores y aficionados, también se escapa a veces de la buena lógica.

Criaturas marinas hambrientas, superpotencias desconfiadas, tenistas de elite y un inocente juego popular son cuatro casos, nada sospechosos de estar emparentados entre sí, pero los cuatro tienen algo en común. Eso es *comprender* en ciencia: buscar lo común entre lo diverso. Lo contrario, buscar lo diverso entre lo similar, también es ciencia, pero se llama *observar*. Y así, entre observaciones y comprensiones, es como avanza la ciencia.

Jugar de mayor

La conversación en ajedrez es inescamoteable

La selección natural descubrió el juego para estimular el aprendizaje. Los mamíferos, muy especialmente, se entrenan jugando a ser adultos durante la infancia. Jugar es simular una función vital sin la responsabilidad inmediata de seguir vivo: jugar a cazar, jugar a pelear, jugar a seducir, jugar a escapar, jugar a competir, jugar a colaborar, jugar a explorar… Pero en el reino animal el juego no dura mucho. Los inmaduros solo juegan mientras son inmaduros. Con la madurez se acaban las bromas.

Un bebé de gorila no se distingue mucho en sus juegos de un bebé humano. En cambio, el comportamiento diverge después de la madurez sexual. El interés de un gorila maduro por el mundo decrece y, aunque a veces parece estar reflexionando en la posición del pensador de Rodin, la verdad es que su interés por el mundo ya no es el de su infancia y su adolescencia. El juego es un rasgo juvenil que los mamíferos tienden a perder con la mayoría de edad. Un humano, en cambio, sigue jugando toda la vida y su curiosidad permanece intacta aunque su futuro se vaya tragando a su pasado. Por eso, entre otras cosas, un humano puede hacer ciencia, arte y filosofía hasta justo un minuto antes de morir.

Esta propiedad (conservar un rasgo juvenil más allá de la madurez sexual) tiene nombre en ciencia. Se llama *neotenia* y su ocurrencia se asocia a saltos espectaculares en la evolución. Se puede decir que un ser humano es algo así como un mono inmaduro. Parte de la grandeza de lo humano está en eso, en que es un mamífero neoténico que nunca deja de jugar. La cuestión ahora es: ¿explotamos bien este regalo de la evolución en las

escuelas y universidades? Hablemos, por ejemplo, de ajedrez. Hablemos, por ejemplo, de videojuegos.

Todo en ciencia es conversar: la observación (con la realidad del mundo), la crítica (con los demás), la reflexión (con uno mismo)… y sin embargo la práctica de la conversación no encuentra demasiado tiempo, espacio ni oportunidad en las aulas. Ajedrez: no se puede decidir una jugada sin antes concentrarse atentamente en la jugada del adversario. La conversación en ajedrez es inescamoteable. Además, el ajedrez es un juego que entrena a analizar, a planificar, a buscar alternativas, a aprender de los errores, a pensar a corto y a largo plazo (táctica y estrategia), a decidir, a evaluar riesgos, a asumir consecuencias, a preparar, a reintentar, a competir, a saber ganar, a saber perder… No hay, por otro lado, demasiada oportunidad para la injusticia o la mala suerte. El ajedrez solo tiene, como todos los juegos, un riesgo: la obsesión excesiva y la adicción desbocada. En mi juventud jugué un año al ajedrez ocupando con ello casi todo mi tiempo. La actividad fue tan absorbente que cuando ganaba sufría al dormirme porque soñaba que había perdido y cuando perdía sufría al despertarme porque había soñado que ganaba. El cerebro acabó atrapado por el juego. Sin embargo, en ajedrez la línea roja se vislumbra con facilidad y la adicción se corta sin demasiada dificultad. Los ciudadanos jóvenes obtendrían así grandes beneficios en las escuelas con un riesgo mínimo de ser abducidos por el juego. Todo juego tiene un alma competitiva y toda competición una dosis de violencia. El ajedrez tiene la suya, como bien evoca Borges en su famoso poema, cuando habla «de los dos colores que se odian», pero ojalá fuese toda la violencia de la clase que se gasta en ajedrez.

Videojuegos. ¿Hay conversación en ellos? Se conversa algo, sobre todo cuando se juega en el ciberespacio con otros ciudadanos del planeta. Pero la tendencia es al autismo de una mente aprisionada lateralmente por unos auriculares, frontalmente por una pantalla y virtual y realmente confinada en algún rincón de la casa. Hay videojuegos de muchas clases y aunque algunos presumen de desarrollar capacidades de la táctica o de estrategia, la verdad es que la mayor parte acaban por sumirse en iteraciones y repeticiones que más bien recuerdan a una plegaria. Todo juego contiene su

ración de violencia, pero una cosa es la violencia de un juego como el fútbol, cuyo fin es lograr un gol, y otra cosa es la violencia que simula el fragor de una batalla (trufada de explosiones, fuego, ráfagas de ametralladora, cañonazos, cohetes, bombazos, rayos impensables…) cuyo fin es, directamente, liquidar al adversario. Existen videojuegos deportivos cuyo fin no es matar todo aquello que se atreva a moverse, pero lo común es entretener con una violencia gratuita y desaforada. Y lo más inquietante es que el riesgo de adicción patológica parece estar justamente en la componente violenta. La identidad humana tiene un cable suelto en alguna parte que solo se puede controlar con cultura. El tema merece atención porque se están dando casos que no habían ocurrido nunca en otra clase de juegos: adolescentes que no duermen, que dejan de comer y que se irritan ante cualquier injerencia, mientras se hunden sin remedio en las profundidades inescrutables de una pantalla plana.

Sin novedad desde el Renacimiento

Los dinosaurios aportaron la pelvis…
¿qué hubiera sido de Elvis sin su pelvis?

Se puede hablar del lenguaje de la ciencia, de la tecnología, de la música, de la escultura, de la museografía… aunque ninguno de estos lenguajes es, por cierto, la particular jerga con la que se entienden científicos, músicos, escultores o museógrafos… Es la idea de Walter Benjamin: los lenguajes viven unos dentro de otros: dentro del lenguaje de la música se puede hablar del lenguaje romántico o barroco, y dentro del lenguaje barroco se puede hablar del lenguaje de Bach o del de Pergolesi. Un mirlo distingue a otro mirlo de cualquier otro pájaro por su lenguaje, pero tampoco se le escapa que tal otro mirlo tiene un acento que «no es de por aquí»… Un museo que opta por la pieza original como la palabra museográfica emplea un lenguaje muy diferente a otro que se entrega a la réplica o al lenguaje propio de los multimedia. Los lenguajes, con sus palabras y con sus reglas para combinar palabras, se usan para adquirir y transmitir conocimiento, es decir, sirven para contar historias.

Pero todo cambia con el uso, también el lenguaje. A veces una historia requiere la invención de una palabra y así crece el diccionario y se mueve la gramática entera. Hablemos, por ejemplo, de dinosaurios. Una de sus aportaciones a la evolución fue sin duda la pelvis. Los andares de un cocodrilo todavía se expresan en rancio lenguaje prepélvico. El cocodrilo es imperfecto en tierra firme porque no puede mover una pata sin que se resienta el resto del cuerpo. La pelvis es una palabra nueva que refresca la gramática del concepto tetrápodo porque cada pata se independiza de las otras tres. Con pelvis se camina mejor y con más gracia. Es verdad que los

dinosaurios hace tiempo que ya no existen, mientras que los cocodrilos perseveran muertos de risa entrando y saliendo del agua con su lenguaje corporal retro. Sin embargo, la palabra pelvis no se extingue. Se inventa y reinventa. La pelvis revoluciona el lenguaje del movimiento en seco y alcanza cotas de pura poesía en el vuelo de las aves. ¿Hay algo que el ser humano haya envidiado más que el vuelo de, digamos, una gaviota? El último ancestro común entre los mamíferos y los dinosaurios no llegó a disfrutar de una pelvis, así que hubo que reinventarla por pura convergencia… ¿Qué hubiera sido de Elvis sin su pelvis?

Con el lenguaje cultural ocurre algo parecido. Diseñamos objetos, los objetos son palabras y cuando triunfa una palabra nueva, se renueva todo el lenguaje. Existe la selección natural de la selección cultural. La tecnología, por ejemplo, tiene su lenguaje y hay palabras en desuso (extinguidas) cuyo significado tendemos a olvidar. La revolución de un lenguaje liquida una era e inaugura otra nueva. ¿Qué tienen en común tales revoluciones? Pues que raramente lo parecen. El lenguaje digital jubila explosivamente al analógico pero, en general, el lenguaje revolucionario arranca imitando al lenguaje obsoleto.

Lo revolucionario no lo es solo por nuevo, por estridente, o porque alguien insista en proclamar que lo es. La pintura rupestre nació con un problema original en su lenguaje: representar un volumen de tres dimensiones sobre una superficie de dos. Los artistas de Altamira ya eran conscientes de la cuestión. No en vano buscaban las protuberancias de las rocas para representar con ellas la tercera dimensión de los cuerpos. Pero atención, diez mil años después en Mesopotamia el problema seguía sin resolverse. Se dice pronto: ¡ningún progreso en diez milenios! La Edad Media tampoco aportó nada significativo y muchos debieron de obsesionarse como ocurre siempre que un problema adquiere el prestigio de no tener solución. (Así ocurrió durante milenios con el sueño de volar como un pájaro y así ocurre hoy con el control de la fusión termonuclear). Giotto intuyó la solución sin dar con ella (las líneas de fuga de sus composiciones aún no se cortan limpiamente en un punto). Y por fin, el Renacimiento. Genios como Brunelleschi, Mantegna y Masaccio resuelven el lenguaje de

la proyección de 3D sobre 2D con la invención de la perspectiva geométrica, la perspectiva de la luz y la perspectiva del color.

En *Las Meninas*, Velázquez sublima este lenguaje tridimensional en dos dimensiones y se permite incluso insinuar un paso más: la introducción del tiempo como una cuarta dimensión, algo así como el espacio-tiempo de Minkowski en la física relativista. Michel Foucault [1966] lo sugiere en el inspirador prólogo de *Las palabras y las cosas*: cada personaje de esta celebérrima escena aparece en un tiempo de reacción diferente respecto de la irrupción del rey Felipe IV y de la reina Mariana en la estancia (se reflejan en el espejo del fondo de la sala): Velázquez ha bajado la paleta y mira hacia el espectador (¡cielos, el rey!), la infanta Margarita aún tiene la cara girada hacia el perro, que acaba de recibir una patada del bufón Nicolasito, pero sus ojos ya miran hacia el espectador (¡cielos, mi padre!), la dama de compañía que le ofrece agua aún no se ha percatado de nada, pero la otra dama ya ha iniciado una reverencia hacia el espectador (¡madre mía, el rey!), Mari Bárbola se ha quedado petrificada (¡Dios mío, mi rey!)… Velázquez propone, sin proclamarlo, una revolución que apunta más bien hacia el lenguaje cinematográfico (tres dimensiones de espacio y una de tiempo). Las nuevas tecnologías del 3D, la estereoscopía o las holografías, en cambio, proclaman a gritos una revolución del lenguaje pero no supera en nada las tres dimensiones. Sin novedad desde el Renacimiento. ¿Qué queda hoy de la euforia de las holografías? La próxima revolución acaso esté en el 4D, pero con las cuatro dimensiones espaciales. La primera palabra ya está inventada. Salvador Dalí la pinta en su misterioso *Corpus Hypercubus* (1951), mientras que matemáticos como Thomas Banchoff reorientan su vida profesional. Pero para que culmine esta revolución quizá no baste con engañar al cerebro, igual hay que cambiarlo. Dalí se alimenta de ciencia. Existen imágenes de un Dalí jovencísimo con revistas científicas bajo el brazo y de sus conversaciones con científicos como James Watson (estructura del ADN), Sigmund Freud (psicoanálisis), René Thom (catástrofes), o Ilya Prigogine (complejidad). En la mesita de su lecho de muerte quedaron textos de físicos como Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg o Albert Einstein.

¿De dónde ha sacado esta idea, maestro?, le pregunté en noviembre de 1985. ¡Ramón Llull! ¡Juan de Herrera!, soltó sin inmutarse. O sea: Dalí se alimenta de *De Nova Geometría*, del místico medieval, y del *Discurso sobre la figura cúbica*, del arquitecto de El Escorial, luego piensa, conversa, sueña… y engendra una nueva intuición.

La matemática no es ciencia

¿Existe algo que merezca llamarse la realidad matemática?

Dicho así, sin avisar, existe cierto riesgo de ofender. Pero el incendio se apaga apresurando el comentario de que quizá sea algo más. La comparación vale la pena tanto por las coincidencias como por las divergencias. El objetivo prioritario de la ciencia está claro: comprender la realidad. ¿Cuál es el de la matemática? También es útil para comprender la realidad, desde luego, pero no es ese su objetivo irrenunciable. La ciencia empieza o acaba en la realidad: sirve para hacer preguntas, esto es, para diseñar observaciones y experimentos que la confirmen o la nieguen. La ciencia no puede blindarse contra la observación directa o indirecta. Todo lo que aspira a ser ciencia debe arriesgarse a ser desmentido por la realidad (Popper). Explicarlo todo equivale a no explicar nada. Para acertar con el pronóstico de *mañana lloverá o no lloverá*, no hace falta esperar a que llegue un nuevo día. La menor contradicción entre una teoría científica y la realidad es suficiente para acabar de un plumazo con una verdad que ha estado vigente durante siglos y con la opinión de la academia más honorable. En ciencia es mucho más seguro que una cosa sea falsa que seguro es que una cosa sea cierta. La matemática en cambio no tiene por qué hacer ninguna concesión a la realidad. Por ejemplo, la afirmación de que el número real π (pi) es la razón entre el perímetro de una circunferencia y su diámetro no necesita confirmación experimental. No hay conocimiento matemático que la prosaica realidad pueda arruinar.

La matemática impregna toda la ciencia, desde la física a la economía, pero no necesita ningún logro científico para justificarse. Es una construcción mental universal que se basta a sí misma. Dios pudo inventar

la física, pero no tuvo más remedio que aceptar la matemática. La matemática que no ayuda a leer el gran libro de la naturaleza no deja de ser matemática por ello. Existe ciencia sin matemática y matemática sin ciencia, pero no son felices la una sin la otra. El idilio entre la física y la matemática es antiguo y fecundo. Muchos físicos ven la física como matemáticas en colores y muchos matemáticos, como tantos fotógrafos, prefieren la verdad en el crudo blanco y negro. Pero lo cierto es que a lo largo de la historia ora se adelanta la física (creando la necesidad de nueva matemática), ora lo hace la matemática (que la física se encuentre como un regalo caída del cielo). Newton se inventa el cálculo infinitesimal (con permiso de Arquímedes y de Leibniz) y escribe con él las ecuaciones de las leyes de la mecánica, pero Einstein se tropieza con un instrumento matemático imprescindible para formular en 1915 su relatividad general: el tensor de Ricci, que el profesor italiano había propuesto en 1903.

Una definición un poco circular de ciencia (aunque nada frívola) consiste en decir que ciencia es lo que los científicos dicen que es ciencia. En este punto existe una coincidencia con la matemática porque también se puede decir que matemática es lo que los matemáticos dicen que es matemática. Los científicos se apoyan en la realidad para ponerse de acuerdo, pero ¿cómo lo hacen los matemáticos? Muchos autores se preguntan cada día sobre la naturaleza de la ciencia. ¿Qué es ciencia? ¿Dónde empieza y dónde acaba? Sin embargo da la impresión de que no son tantos los pensadores que se preguntan sobre la naturaleza de la matemática. En ciencia, la realidad es primera inspiración y último juez, pero ¿existe algo que tenga un papel similar en la matemática? ¿Existe algo que pueda llamarse *realidad matemática*? Buena pregunta. ¿A quién se la hacemos?

En el año 1992, y por sugerencia de Manuel Castellet, mi antiguo profesor de álgebra en la universidad, tuve la largamente soñada ocasión, como moderador, de plantear esta pregunta nada me nos que a cinco ganadores de la medalla Fields en el Museo de la Ciencia, hoy CosmoCaixa. La medalla Fields es la máxima distinción internacional en matemáticas y la concede la Unión Internacional de Matemáticas cada cuatro años. Los investigadores invitados fueron Stephen Vaughan Jones

(Fields en 1990), Gerd Faltings (Fields en 1986), Alain Connes (Fields en 1982), Stephen Smale (Fields en 1966) y el celebérrimo René Thom (Fields en 1958). Por un momento temí que la pregunta no fuera aceptada de buen grado, o que fuera ignorada por trivial (adjetivo que encanta a los matemáticos puros) o por carente de sentido (calificativo que no les divierte menos), pero lo que siguió fue un inolvidable e intenso debate que poco después se publicó en un libro de la serie *Lecture Notes in Mathematics* (1992). Unos presumieron de una vida intelectual pura independiente de la realidad material, mientras que otros confesaron su orgullo por mantener una relación íntima, terrenal y promiscua con ella.

Vértigo en π

El número π contiene toda la literatura ya escrita,
y toda la que queda por escribir

Hay infinitos números racionales, pero todos son visualmente muy aburridos. Sí, porque sus decimales, aunque sean infinitos, acaban siempre repitiéndose en secuencias más o menos largas. Todo número racional se puede obtener como cociente de dos números enteros. Por ejemplo, 22 dividido por 6 da un soporífero 3,66666… porque el 6 se repite *ad infinitum* en secuencias de un solo dígito. En cambio el cociente de 22 dividido por 13 da un número ligeramente más ameno 1,692307692307692307… cuyos decimales se repiten en secuencias de seis dígitos, o el de 22 dividido por 19 que da el semidivertido 1,1578947368421052631578947368421052631578947368… cuyos decimales ya demoran 18 dígitos en repetirse. El 22 dividido por 7 es un racional famoso porque durante una corta secuencia de dígitos da el pego y se hace pasar por el celebérrimo número π, esto es, 3,142857142857… Pero el auténtico número π no es un número racional, no existe ninguna secuencia de sus decimales que se repita continua e indefinidamente. Los decimales del verdadero número π no pueden deducirse de los decimales que le preceden. Por tal razón el despliegue de los dígitos de un número real como π funciona como una fuente de números aleatorios: 3,141592653589793. Ahora bien, si combinamos esta idea con la idea de que π tiene un número infinito de dígitos, se llega a una conclusión sorprendente: cualquier irracional como el número π contiene cualquier secuencia finita de números. Es decir, en alguna posición precisa de su secuencia infinita de dígitos aparece por primera vez cualquier secuencia

finita. Luego, claro, la secuencia va apareciendo en posiciones sucesivas ¡y lo hace infinitas veces!

Existen varias webs en la red en las que el número π aparece con más de doscientos millones de dígitos y con un buscador que, en décimas de segundo, localiza la posición de una secuencia finita cualquiera. Por ejemplo, mi fecha de nacimiento, el 02121948 aparece por primera vez en la posición 41 614 646 y aún aparece dos veces más dentro de los primeros doscientos millones de dígitos. Según recuerda Joaquín Navarro en un libro delicioso (*Los secretos del número* π) el físico teórico Richard Feynman señaló divertido que en la posición 762 aparecen seis nueves seguidos. En principio es sorprendente que esta secuencia aparezca tan pronto porque la probabilidad de obtenerla con un dado de diez caras numeradas del 0 al 9 es de solo el 0,08 por ciento. La secuencia equivalente de seis cuatros consecutivos, por ejemplo, aparece por primera vez en la posición 828 499.

Pero atención. Si el despliegue decimal de π contiene cualquier secuencia finita de números entonces también contiene cualquier poema jamás escrito en cualquier idioma. Basta establecer un código numérico para cada una de la treintena de letras existentes. No sabemos exactamente dónde, pero el sublime poema *L'Infinito* de Leopardi aparece por primera vez en un lugar preciso de π. Pero lo mismo podemos decir de todos los poemas buenos, malos y pésimos escritos durante la historia de la humanidad. Y de toda la literatura con sus novelas, cuentos, ensayos… Y de todas las críticas que aquellas jamás tuvieron. Lo más turbador es que el número π no solo contiene la totalidad de la literatura publicada; también contiene toda la literatura que aún queda por escribir. Basta asumir (lo que no es precisamente un exceso de pesimismo) que el futuro de la humanidad es finito.

Todo lo finito aparece infinitas veces en el número π: toda la música escrita en las partituras y toda la música todavía por componer, todas las partidas de ajedrez jugadas y por jugar… El poeta que se dispone a escribir unos versos en un arrebato de inspiración quizá sepa que esos versos ya están escritos en algún lugar de la inmensidad de π, pero quizá sospeche asimismo que hay que escribirlos a pesar de todo para despertarlos de su sopor y que alguien los lea.

Cultura menos ciencia igual a humanidades

Las grietas de la ciencia se rellenan con pasta de ideología: nadie sale ileso de la frontera

La ciencia es cultura. No hay duda. Sin embargo, en casi todos los idiomas cultura es sinónimo de *humanidades*: arte, filosofía, literatura, religión… y las mal llamadas ciencias blandas, como la historia, la antropología o la sociología… O sea: se entiende por cultura lo que queda de ella cuando se le ha extirpado todo lo sospechoso de ser ciencia. No se sabe qué duele más, si no ser culto o no ser humano. Pero ahí está el cisma: ciencia y humanidades.

La polémica empieza con la publicación de *The Two Cultures* [1959]. El título (sobre todo eso) hace fortuna. Su autor, Charles Percy Snow, señala un presunto abismo abierto en la civilización occidental. Ni científicos ni humanistas se han molestado en anunciarlo. Snow empieza con un tirón de orejas para ambos. A los humanistas por su ignorancia e indolencia respecto de los conocimientos científicos más elementales, a los científicos por presumir de no perder tiempo con novelas y todo aquello que distrae la concentración y ablanda el rigor del buen investigador. Lo más incómodo para Snow es la opinión que se tienen unos de otros en materia política. Los científicos tienden a ver a los humanistas políticamente sospechosos, cuando no perversos y apocalípticos, mientras que se ven a sí mismos como intelectuales propios de su tiempo, con la mirada por encima del horizonte. Los humanistas, en cambio, ven a los científicos como optimistas simples e ingenuos, demasiado superficiales para percibir la tragedia de la condición humana. Snow entra aquí del lado de la ciencia. Los científicos también son conscientes de la naturaleza trágica de la vida humana. Ya lo sabemos:

todos nos morimos en la soledad más radical. Pero una cosa es la condición humana individual y otra la condición humana social. La tragedia de la una no implica la de la otra. Snow, científico y novelista, invita a la mutua comprensión.

Después de Kuhn [2005] se extiende la idea entre los humanistas de que la ciencia es un hecho social. Los científicos, en cambio, creen en un mundo objetivo. Las leyes fundamentales de la naturaleza no dependen de una negociación sobre las convenciones sociales del momento, sino que están ahí haya o no alguien empeñado en descubrirlas (los árboles se caen en el bosque aunque nadie esté presente para anotar el incidente). La hipótesis del mundo real es el pilar de cualquier investigación científica. Alan Sokal dice: «Si la ciencia fuese un mero pacto social para acordar lo que significa "verdadero", ¿por qué habría de dedicar la mayor parte de mi demasiado corta vida a la ciencia? ¡Yo no aspiro a ser la Emily Post de la teoría cuántica de campos!».

Si Snow es el primer acto del drama, Sokal es el segundo. Su hilarante parodia publicada en 1996 en la (hasta entonces) prestigiosa revista *Social Text* («Transgredir las Fronteras: hacia una hermenéutica transformadora de la gravedad cuántica») es una sonora bofetada a los humanistas que echan mano de la ciencia para darse una falsa pátina de rigor y dureza, un golpe en los bajos que corta el aliento del posmodernismo, el relativismo, el deconstructivismo… Su antiguo maestro, y uno de los físicos más brillantes del siglo, Steven Weinberg, se suma rápidamente con un artículo en el *New York Review of Books* (1996) que desata la furia de los humanistas. En él llega a afirmar que ciencias y humanidades solo se abrazarán cuando la ciencia alcance la soñada teoría final de la naturaleza y los secretos del origen mismo del universo. Casi nada.

Hoy, cuarenta años después de Snow, la polémica sigue productiva: *Two cultures? The significance of C. P. Snow* (F. R. Leavis), *La tercera cultura* (J. Brockman, ed.), *La nueva alianza* (I. Prigogine e I. Stengers), *Consilience: la unidad del pensamiento* (E. O. Wilson)… Nadie sale ileso de la frontera. Las grietas de la ciencia se llenan con pasta de ideología. Y viceversa. Solo la crítica es innegociable. ¿Se avanza algo con la polémica? La pregunta forma parte de la propia polémica, pero algo queda. Por

ejemplo, hoy no se puede hacer filosofía sin tener una buena idea de las leyes *impersonales* de la naturaleza, ni es buena idea hacer ciencia sin asomarse a los *personales* pensamientos de Hume, Descartes, Spinoza, Kant o Heidegger.

Delicias de vida cotidiana

Los personajes en el cine no suelen molestarse en simular que las maletas que manejan tienen algún contenido

El cine es una forma bidimensional de representar la evolución de la realidad, por muy tresdé y por muy abstractos que nos pongamos. El cine sirve, entre otras cosas, para reconstruir el pasado (que desconocemos, porque no estábamos allí o porque lo hemos olvidado, como la paleontología) o para especular sobre un futuro (que ignoramos, porque aún no ha ocurrido, como la meteorología). Una película es una conserva de vida cotidiana, una delicia capaz de resistir la aceleración del espíritu de los tiempos. Centremos nuestra atención, por ejemplo, en la colisión frontal que se produce entre la penumbra de la butaca (como presente) y la luminosidad de la pantalla (como pasado). Se perciben dos tipos emparentados de cambios: los de la ciencia y la tecnología por un lado y los de las costumbres y automatismos del quehacer diario por el otro.

De la misma manera que al ojo experto de un paleontólogo le basta un vistazo para precisar el tiempo y lugar de muchos fósiles, un buen cinéfilo afina el tiempo y lugar de una película con solo atender a la tecnología y a los gestos que en ella se exhiben. Y me refiero al tiempo y lugar de la producción de la película, no tanto a la época y el paisaje en los que se supone que ocurre la historia.

Basta el sonido ambiental de la película *Todos los hombres del presidente* sobre el escándalo Watergate (Alan Pakula, 1974) para concluir que el gran cambio tecnológico de la información y la comunicación aún no se había producido. En las secuencias de la redacción del *Washington Post* domina el tableteo de las máquinas de escribir (siempre hay alguien dándole

aunque sea con dos dedos) y el timbre histérico de los teléfonos de mesa (siempre hay alguno sonando y otro que deja de sonar). Antes de los ochenta no había ordenadores personales y antes de los noventa no había teléfonos móviles. ¿Cómo podían funcionar los periódicos o los bancos?

La falta de recursos técnicos del propio cine es una licencia para asumir cierta irrealidad. Por ejemplo, una escena cinematográficamente muy frecuente es la de dos personas conversando mientras viajan en los asientos delanteros de un coche. Si el movimiento es solo simulado y la toma de la secuencia es frontal, el espectador inocente que todos tenemos dentro se alarma cuando el conductor no atiende a la carretera con la debida concentración… hasta el día, claro, en el que a un director se le ocurre alimentar esa zozobra y provoca la tragedia. Ocurre por ejemplo en las dos versiones de *El cartero siempre llama dos veces* (Tay Garnett, 1946; Bob Rafelson, 1981): el beso final dura un instante más de lo debido y sobreviene la tragedia.

Sin embargo, ciertos creadores como Alfred Hitchcock no renuncian a cuidar los detalles solo por una prosaica falta de tecnología. Su originalísima *La soga* (1948) transcurre en un supuesto tiempo real y en un ático ante una espléndida panorámica de 70 kilómetros de *skyline* de la ciudad de Nueva York. Es un decorado pintado en el que 6000 bombillas de colores, 200 tubos de neón y el movimiento de unos pocos nubarrones de fibra de vidrio ayudan al espectador a creerse el fluir del tiempo a lo largo del día. El número de septiembre de 2002 la revista *Scientific American* le dedicó un artículo al invento. Los célebres dioramas del Natural History Museum de Nueva York quizás inspiraron a Hitchcock para diseñar el complejo decorado de *La soga*. Estaba tan orgulloso de él que se lo enseñaba a todo el que se lo permitía. Me imagino el perfil del genial director plantado ante una escena de antílopes disecados que olfatean la atmósfera que un forillo, pintado en el fondo de la vitrina, lleva hasta el horizonte lejano de la sabana. Engañar al ojo de una cámara es bastante más fácil que engañar al ojo desnudo de un visitante, pero existe un cine perezoso que intenta ahorrarse el engaño. ¿Por qué no pesan las maletas en las películas? No es creíble que alguien salga o vuelva de viaje manejando

las maletas con un dedo. La imaginación del espectador está para algo, desde luego, pero no para eso.

El avance del conocimiento científico ha barrido para siempre algunas escenas de la pantalla. Ya no se ven actores armados con una copa en una mano y un cigarrillo en la otra, sacándose cerillas encendidas del bolsillo, aplastando colillas contra el suelo u ofreciendo una calada piadosa a un héroe en plena agonía. En ningún hogar norteamericano faltaba un bar doméstico para el socorrido «necesito un trago… tú mismo, ya sabes dónde está…». En la comedia *El solterón y el amor* (Charles Walters, 1955), Frank Sinatra y David Wayne no dejan de prepararse martinis el uno al otro, incluso en el cuarto de baño mientras se afeitan.

Ya no se pintan decorados de paisajes para el buen cine ni se diseñan dioramas nuevos para los buenos museos, pero ahí quedan como valiosas reliquias para la memoria.

Elite: una palabra perversa

Hay que acabar con las elites, pero no matando a todos los que están dentro, sino dejando entrar a todos los que están fuera

BICHO. Existen palabras para descalificar. Un buen ejemplo es este sinónimo de la palabra animal. Cuando alguien habla de cruzar un bosque lleno de bichos está evocando un mal trago. Un amante de la naturaleza no se expresa así. El diccionario recoge la acepción peyorativa, aunque se le puede dar la vuelta y usar la palabra para nombrar cariñosamente a un simpático bebé.

PESEBRE. Existen palabras sin maldad ni bondad original pero que se pueden usar para hundir otros conceptos sin paliativos. Por ejemplo: «pesebre». En su primera acepción la palabra nombra el cajón donde comen ciertos animales domésticos como las vacas o los caballos. Pero el diccionario recoge un segundo significado que designa la bucólica reproducción del nacimiento de Jesucristo, una tradición navideña arraigada desde que Matteo di Mastrogiudice hiciera las primeras figuritas de barro cocido en el siglo XVI. Sin embargo, el dudoso gusto de tantos y tantos pesebres a lo largo de la historia (figuritas comerciales rígidas, papel de plata para el agua, harina para la nieve…) ha acabado por erosionar la palabra y hoy esta se aplica para ridiculizar ciertas instalaciones museográficas. Ningún diccionario recoge aún esta tercera acepción. Los museos de arqueología, de historia o de antropología usan en efecto ciertos montajes escultóricos, generalmente en miniatura, para representar una escena de la vida cotidiana. La idea es noble y lícita porque también lo es la idea de poner al visitante en la piel de las personas que vivieron en otro

momento y lugar. Sin embargo, la exclamación *¡Vaya pesebre!* basta para fulminar todo un género museográfico sin distinguir grados en su buena o mala realización. Ni siquiera los honorables y legendarios dioramas del American Museum of Natural History (siglo XIX) escapan al poder corrosivo de la palabreja.

ELITE. Y atención, porque también existen palabras para desprestigiar derechos y deberes humanos fundamentales. Quizá sea difícil de creer pero una sola palabra puede hacer tambalear lo más esencial de la independencia y de la dignidad de los ciudadanos. Cierta parte mediocre y ubicua de la humanidad no ha dejado nunca de blandir una palabra contra la capacidad de la mente para comprender el mundo… ¿Cuál es el arma-palabra más eficaz contra la ciencia, el arte y la revelación intuitiva? Basta abrir el libro de la historia de la infamia de la humanidad por cualquier página para encontrarla. Es la palabra elite. Comprender es buscar lo que hay de común entre cosas diferentes y hay algo omnipresente en todas las edades negras del conocimiento: la acusación de que sus creadores y divulgadores son elitistas. Si eres un creador o un difusor de lo nuevo y escuchas pronunciar cerca de ti la palabra elite, entonces ponte en guardia o sal corriendo.

Elite procede de la palabra latina *eligere*. Los que pertenecen a la elite son los elegidos, los seleccionados. Un argumento repetido *ad nauseam* consiste en clamar por el final de las elites en aras de la igualdad entre los humanos. Estamos de acuerdo, pero hay dos maneras de hacer tal cosa: una es fácil y consiste en asesinar a todos los elegidos, la otra resulta algo más complicada y consiste en favorecer que los elegidos sean todos. Lo perverso es acabar con la élite por el procedimiento de reducirla a cero, lo legítimo es acabar con la elite por el procedimiento de ensancharla al máximo. Lo primero es la cultura de consumo, un pedazo de cultura empaquetada únicamente con estímulos, pero con estímulos que no conducen hacia el conocimiento sino con estímulos que se agotan en sí mismos: es como el gusano clavado en el anzuelo que nunca llega a alimentar al pez. Es la cultura del *best seller* y de la autoayuda. Es la no cultura. No hay una cultura de elite y otra para el pueblo. La cultura siempre es de elite y siempre es para todo el pueblo. Se trata, sencillamente, de que el pueblo

elegido sea el pueblo entero. ¿Es eso posible? Declaro que se puede divulgar sin que lo divulgado sea una vulgaridad.

Habitación de hotel

El diseño no es un lujo, lo que es un lujo es no diseñar

El espacio y el tiempo de un día nuestro de cada día están llenos de objetos que nos ayudan a vivir: camas, sillas, mesas, platos, aparatos, lámparas, grifos… Su diseño persigue dos cosas: que sean agradables a nuestros sentidos (estética) y que nos hagan la vida agradable (función). La función precedió a la estética. Hace unos dos millones de años *Homo habilis* usaba su industria lítica sin preocuparse por la belleza. Pero hace unos quinientos mil años *Homo erectus* ya fabricaba hachas con una simetría bilateral casi obsesiva (cuando la simetría no parece añadir nada a la utilidad y eficacia de una herramienta). *Homo erectus* no solo usaba sus instrumentos, se diría que también gozaba mirándolos, acariciándolos y poseyéndolos. Nuestra doble preocupación por la estética y la función se remonta entonces, como mínimo, a medio millón de años. Supongamos que es cierto (que no lo es) que sobre gustos no hay nada escrito. Y supongamos también que es cierto (que sí lo es) que la función es objetiva y universal. Bien, pues a pesar de ello, lo bello y lo útil no son propiedades independientes. Lo bello no tiene por que ser útil. Eso está claro. Pero no está menos claro que toda utilidad contiene siempre una belleza intrínseca. De la función bien resuelta emerge una estética, para muchos la mejor estética. Para convencerse de ello basta leer el delicioso libro de André Ricard (2009). Para convencerse de lo contrario basta con atender, por ejemplo, al diseño de las habitaciones de muchos hoteles.

Nada más entrar en la ducha nos enfrentamos a una crucial operación doble: regular la temperatura y el caudal del chorro. En muchos casos la geometría del espacio impide regular la temperatura del agua sin abrasarse

o helarse durante el tanteo inicial. Además, nuestra autoestima se tambalea cuando, desnudos y tiritando de frío, intentamos descifrar la inteligencia de una grifería no intuitiva, presuntamente bella e integradora de funciones. Luego, ya bajo el chorro, por fin bien regulado, descubrimos que no hay un centímetro cuadrado estable donde dejar el jabón o el champú, con lo que nuestro íntimo ridículo se perpetúa al tratar de sostener tales esenciales accesorios con los dientes, bajo la axila o en la entrepierna. Por cierto: una jabonera bajo la ducha no debe acumular el agua para que el jabón no naufrague en su propia sopa. ¡Qué bellos pueden ser unos simples orificios!

Es casi imposible ducharse en un hotel sin velar total o parcialmente el espejo. Un diseño absurdo obliga a tramar planes irracionales como afeitarse o maquillarse antes de la ducha. No hace falta mucha termodinámica para evitar tener que afeitarse con una mano mientras se usa la otra como limpiaparabrisas. ¿Conducir el vapor hacia otro lado? ¡Qué bello espectáculo! ¿Esconder una resistencia en el espejo? ¡Qué invisible belleza!

Otra increíble acumulación de errores de diseño impide que podamos vernos la cara bien iluminada y de cerca. En general la pila del lavabo parece diseñada para que no podamos acercarnos al espejo mientras que la luz cae vertical desde el techo incidiendo rasante en un rostro plagado de zonas oscuras. El ambiente general aún puede empeorar con un mortificante zumbido del extractor de olores diseñado para que sea inseparable del interruptor general del cuarto de baño.

En el dormitorio puede haber butacas y hasta una mesa de centro llena de folletos, pero a veces falta una simple silla con un simple apoyo para sentarse a trabajar con el ordenador. El servicio Wifi requiere una contraseña que combina docenas de números con letras mayúsculas y minúsculas, no sea que sea demasiado fácil de recordar para reintroducirla en cada nuevo acceso. El único lugar donde una maleta se puede sostener en posición de *abierta* es sobre la cama, lo que invita a pesados movimientos si uno no quiere resignarse a compartir el lecho con la maleta. Ver la televisión desde la cama requiere alturas y distancias bien calculadas. El no diseño en este caso obliga a insanas y cómicas posturas. La pantalla del televisor suele recibir al cliente con un menú plagado de alternativas

inútiles que alarga inútilmente el momento de conectarse al canal preferido. ¿Y el minibar? ¿Por qué está en el suelo? ¿Ya hemos olvidado que le hemos puesto un palo a la bayeta para liberamos de fregar el suelo a cuatro patas? Explorar el contenido del minibar obliga a raras contorsiones para así constatar que los productos de uso nocturno más frecuente como suficiente agua mineral, la leche o la fruta ceden el microespacio disponible a chocolatinas con rellenos impensables, diversidad de exóticos licores, aceitunas a la rica anchoa, patatas fritas de síntesis, grageas de chocolate o refrescos azucarados.

¿Y qué decir de las papeleras del cuarto de baño con un pedal accionable para abrir la tapa? Manejarla es digna de un gag típico de cine mudo porque, ¿cómo darle al pedal sin que emigre la papelera?

El diseño no es un lujo. Lo que es un lujo es no diseñar. Lo útil tiene la belleza de lo que ha sido bien pensado. Solo hay que acordarse de que todo es pensable y de que todo merece ser pensado.

Diseño: función, ética y estética

En cada siglo es posible encontrar por lo menos
un idiota capaz de dejar una huella imperecedera

Finalmente ocurrió. Después de treinta años conduciendo coches de gasolina, ahora ya hace más de un año que me he decidido por un automóvil con motor diésel. Mi temor era que los automatismos adquiridos durante tanto tiempo acabaran por traicionarme y que llegara la hora del error fatal. Durante dieciocho meses he superado la prueba un día tras otro concentrándome a la hora de cargar combustible. Atención: es diésel y no gasolina. Llegué a convencerme de que había ganado la batalla a las hondas raíces de la tradición y a las órdenes que no se dignan pasar por el cerebro. Treinta años de tenaz, intensa y extensa cultura de gasolina no habían afectado irreversiblemente a mis genes. A más Darwin, menos Lamarck. Durante estos dieciocho meses he cargado combustible diésel con una frescura, una seguridad y un desparpajo envidiables. Mis temores se iban disipando al tiempo que mi confianza y autoestima se iban agrandando.

Son las cinco de la tarde de un viernes y salgo de Barcelona con tiempo de sobras para dar una charla a las nueve de la noche en Puigcerdà (a 157 kilómetros de Barcelona). Me detengo a repostar en la primera gasolinera para no tener que pensar más en combustible en todo lo que queda de fin de semana. Estoy de muy buen humor, así que pienso: «Por una vez voy a cargar el combustible de mejor calidad, un día es un día, qué caramba, le irá bien a la máquina y me irá bien a mí también». Descentrado por este pensamiento, busco la palabra «extra», descuelgo la manguera de la gasolina de toda la vida y comienzo a alimentar el depósito de octanos. A continuación llego a la caja para pagar y alargo la tarjeta de crédito: «El

surtidor número cuatro». Mientras regreso al coche me retumba en el cerebro la respuesta del cajero: «¿Treinta litros de gasolina extra?». Al final ha tenido que ocurrir. Hay que avisar a una grúa, volver a Barcelona, purgar el depósito, cargarlo correctamente y retomar la carretera. Del resto de esta historia solo interesa saber que llegué a las diez a Puigcerdà (donde aún me esperaba una sacrificada audiencia) y algo de la conversación que sostuve con el conductor de la grúa: «¡Qué rabia! ¿Estaré perdiendo capacidad de concentración?». «No se preocupe, caballero. Esta es la sexta salida de hoy y las seis han sido por lo mismo: confundir diésel con gasolina… y personas más jóvenes que usted, oiga…». «¿Cómo? Y en general… ¿qué ocurre el resto del año?». «Pues más o menos lo mismo, vivo de esta clase de despistes…».

El mismo conductor me informa de que el error simétrico no es posible. El pico de la manguera diésel sencillamente no entra por el orificio de los depósitos de gasolina. Aquí está la solución. La solución está en el diseño. Hay que diseñar la incompatibilidad entre ciertos pitorros entrantes y ciertas entradas de depósito. Es, como mínimo, una cuestión de función (impedir que el usuario se equivoque) pero acaso sea también una cuestión de ética (impedir que la gente piense mal: que parte de la economía se basa en cazar incautos). En el caso de los cargadores de teléfonos móviles (o de ordenadores portátiles) y de cartuchos de tinta para impresoras (o plumas estilográficas) ocurre exactamente lo contrario. Tengo un cajón lleno de cargadores y cartuchos que ya no encajan en los instrumentos que uso actualmente. En este caso no es una sospecha sino una certidumbre: el negocio no está en vender teléfonos, ordenado res, impresoras o estilográficas, sino en vender sus accesorios fungibles. En este caso, el diseño para lograr una mejora de una función es a costa de la ética y de la estética.

En una ocasión, en Milán, me enseñaron por sorpresa el original de una de las obras pictóricas cumbre de la creatividad humana: *La última cena*, de Leonardo da Vinci. Fue pintada entre 1495 y 1497 en el comedor del convento dominico de Santa María de las Gracias de esta ciudad. Pero en 1652 alguien atendió una queja de los monjes: la comida llegaba siempre fría a la mesa. Y diseñó la solución: abrir una puerta directa a la cocina,

pero que «mordía» un buen pedazo de la obra maestra. Es la función machacando la ética y la estética. En cada siglo siempre se puede encontrar por lo menos un idiota relevante.

Sonrisa a las diez y diez

Una tradición persevera solo por tradición mientras que una buena costumbre persevera solo por buena

En general, las costumbres perseveran mientras sean útiles y se abandonan cuando dejan de serlo. Por ello, en rigor, una costumbre siempre es buena (el pan con tomate). Cuando es mala es porque hay un malentendido con su presunto beneficio, ya sea porque en el fondo resulta que no es tal (fumar), ya sea porque el beneficio propio ni siquiera se plantea la posibilidad de un perjuicio ajeno (colarse en el autobús). Según esta definición, habría que usar otra palabra para nombrar un hábito que persevera sin utilidad alguna. Llamémosle, digamos, tradición. La costumbre persevera por buena. La tradición persevera solo por tradición, como si el hecho mismo de ser una tradición ya fuera un argumento a favor de la persistencia.

A veces las tradiciones se inventan directamente, es decir, sin pasar siquiera por el trámite de ser antes una costumbre. Otras veces las costumbres derivan en tradiciones sin que nos demos demasiada cuenta (la caza). En ocasiones las tradiciones son superfinas y no tienen efectos colaterales graves (los tres o cuatro botones *cosí* dos a sus respectivos ojales en las mangas de las chaquetas de los trajes), pero en muchos casos suponen una auténtica resistencia a la innovación o al progreso moral (el cuerno de rinoceronte como remedio tradicional contra la disfunción eréctil). Por ello las disciplinas más creativas son también las que sueltan su lastre tradicional con más desparpajo. La publicidad comercial es sin duda un gran ejemplo, tanto es así que a sus creadores se les reserva el término genérico de *creativos*. Sin embargo, este oficio tiene algunos curiosos tics

que parecen persistir por encima del espacio y el tiempo. Paso a comentar tres ejemplos: uno de perfumería masculina, otro de agua embotellada y otro de relojes.

En general, el rostro humano que anuncia algo para vender sonríe ampliamente, sea ese algo un mueble, unas vacaciones, un automóvil, una herramienta o un aparato de gimnasia. Pero existe, como mínimo, una excepción turbadora: los modelos que anuncian fragancias masculinas están siempre serios. Es como si el interés, el misterio o el poder de seducción de un varón se le fuera a escapar por la sonrisa. ¿Existe una regla no escrita? A principios del siglo pasado nadie sonreía mirando a cámara. Existen fotos de grupo con más de cien personas sin que nadie amague ni un inicio de sonrisa. Debía de ser una vulgaridad imperdonable mirar el futuro sonriendo de oreja a oreja. Hoy esta costumbre se ha reemplazado por la contraria y los fotógrafos incluso tienen trucos para lograr un cien por cien de sonrisas en la toma.

Las etiquetas en las botellas de agua mineral recurren casi siempre a una imagen de montañas nevadas. Es un mensaje de frescor, de pureza, de virginidad y de salvaje naturalidad. Es como si no hubiera otra manera de convocar y evocar todas estas nobles propiedades del agua en un solo símbolo. Hace unos años, llegué a reunir más de doscientas etiquetas de aguas de mesa de todo el mundo con montañas de todas clases en sus etiquetas: realistas o geométricas, escarpadas o redondeadas, con vegetación o sin ella… Hay muy pocas excepciones, tan pocas que ya hace tiempo que me he deshecho de aquella colección y ahora he pasado a coleccionar lo que realmente tiene mérito: etiquetas de aguas minerales en las que no aparece ninguna alusión a la alta montaña virgen.

En las fotografías de la publicidad de relojes, se puede observar que estos marcan obsesivamente la misma hora: las diez y diez. La regla se cumple en más de un 90 por ciento de los casos (¡!). Es como si las diez y diez fuese una solución única, como si cualquier otra hora del día fuera irreal, excéntrica o presuntuosa. A veces algún creativo, en un alarde de originalidad revolucionaria, propone las diez y nueve o las diez y once. Pero eso es todo. Si afinamos hasta el minuto, existen setecientas veinte posiciones distintas. ¿Por qué entonces siempre las diez y diez? ¿De verdad

no se puede arriesgar otra solución? La costumbre está tan arraigada que incluso los relojes digitales tienden a marcar las diez y diez.

Intentemos comprender la bondad de esta costumbre. Todas las posiciones se dan dos veces al día, pero muchas de ellas introducen confusiones intolerables. Por ejemplo, las doce horas (o todas aquellas horas en las que las dos agujas se superponen): ¿se ha caído una de las agujas?, ¿se han enganchado las dos? Las doce y media (o cualquier hora que presente las dos agujas alineadas) tampoco es aconsejable por una razón parecida. Las agujas dividen el círculo del reloj en dos sectores y para que ambos estén en armonía (lejos de la superposición y lejos del alineamiento) se diría que la mejor proporción entre ambos es de un tercio de círculo frente a los dos tercios restantes. Ya quedan menos soluciones. Y aún quedan menos si prescindimos de todas las posiciones que hacen predominar la mitad izquierda sobre la derecha o viceversa (molestosas asimetrías dextrógiras o levógiras). Ahora toca escoger entre el arriba o el abajo. Y escogemos el arriba, claro, porque así es como hay que invitar a ver el futuro para predisponer a una compra: con alegría y optimismo. En efecto, las diez y diez está más cerca de la euforia, las ocho y veinte está más cerca de la depresión. Además, las diez y diez en la esfera del reloj evoca una sonrisa, mientras que las ocho y veinte más bien recuerda un rostro quejoso y malhumorado. Ya solo queda elegir entre las diez horas y diez minutos o las dos horas menos diez minutos. Pero ya sabemos que menos es menos que más, por lo que, no hablemos más y si hay que detener los relojes detengámoslos para siempre a las diez y diez. Es posible que algún genio encuentre un día una hora más original, pero se duda que sea más comercial.

¿Tradiciones o costumbres? ¿Soluciones obsoletas o soluciones únicas? Lo único que no vale la pena innovar es la perfección, pero la perfección es siempre una tesis, no una hipótesis.

Árboles perpendiculares

Todos los troncos son verticales pero, por lo demás, los árboles de la selva son perpendiculares a los de la sabana

He aquí un privilegio impagable: recorrer un paisaje acompañado por científicos que dedican su vida a tratar de comprenderlo: geólogos, ecólogos, zoólogos, paleontólogos, botánicos, antropólogos, sobre todo cuando estos quieren que uno se enamore del tal paisaje y cuando hay barra libre para preguntar *in situ* y sobre la marcha. El objetivo es contribuir a la concepción de un museo sobre la sabana brasileña que, a su vez, consiga enamorar al ciudadano que debe protegerla. No hay duda: el amor emana de la comprensión y, en particular, el amor verdadero por un pedazo de naturaleza emana directamente de su comprensión científica.

La exposición es para el Museo Nacional de la República (cuyo edificio semiesférico concibiera Oscar Niemeyer), y la idea es que se convierta luego en el núcleo del futuro Museo Nacional de Ciencia en Brasilia. La sabana brasileña (en portugués, el *cerrado*) es un bioma que hoy ocupa dos millones de kilómetros cuadrados con una diversidad millonaria en años (de unas 7000 variedades de plantas y unas 1500 especies de animales identificadas hasta ahora), generadora de muchos otros paisajes y hoy cada vez más amenazada por la expansión de monocultivos como la soja.

Ahí va una sola comprensión-emoción como muestra. Los árboles del *cerrado* se distinguen de los árboles de las selvas tropicales sobre todo por sus ramas y raíces. Todo se comprende atendiendo a los tres elementos fundamentales de cualquier paisaje: el sol, el agua y el suelo. En los bosques lluviosos hay poco suelo, mucha agua y una pian competencia desesperada por la luz. Por ello las ramas salen disparadas casi

verticalmente para ocupar la primera línea de luz. En cambio, las raíces progresan horizontalmente en busca de la mejor estabilidad estática para el gigante. En el *cerrado* por el contrario la situación se invierte. La luz es tan intensa y disponible que las ramas pueden dedicarse a ocupar el terreno desplegándose horizontalmente. En cambio, hay que ir a por agua a las profundidades de las capas freáticas por lo que las raíces se lanzan verticalmente hacia abajo.

Esta comprensión inspira ya una idea museográfica: la comparación del esqueleto desnudo de un árbol típico del *cerrado*, con ramas horizontales y raíces descendentes verticales, con el de un árbol propio de una selva lluviosa, con ramas ascendentes verticales y raíces horizontales. Incluso se puede invertir la posición de uno de ellos cada pocos minutos para reforzar la metáfora. La comprensión científica también da para un elegante aforismo: *todos los troncos son verticales pero, por lo demás, un árbol de la sabana es perpendicular a un árbol de la selva*.

Pero esta historia de ramas y raíces no es solo para el contraste entre casos extremos. Dentro del paisaje del *cerrado* existen hasta catorce subpaisajes diferentes que se dejan clasificar según sea su distancia al río más próximo. En las riberas de los cursos de agua se da la llamada *Mata Ciliar*, una situación semejante a la selva tropical con árboles altos y muy juntos cuyas ramas forman un ángulo agudo con el tronco. Sin embargo, a medida que aumenta la distancia al río, los árboles se separan entre sí, el ángulo entre ramas y tronco tiende a ser de noventa grados y las raíces se hunden hasta más de diez metros de profundidad en su busca desesperada de agua. Especial interés tiene el subpaisaje llamado *vereda*, que es algo así como el equivalente de un oasis en las zonas áridas del *cerrado*. En él dominan unas palmeras de larguísimas raíces verticales capaces de bombear agua usando la evapotranspiración diurna. Sin embargo, también utilizan la respiración nocturna para seguir bombeando por la noche aunque esta vez la energía solo alcanza para distribuir el agua generosamente por el terreno a través de olías raíces horizontales. La *vereda* es, por lo tanto, un oasis húmedo que aprovechan muchas otras plantas y animales. La palmera burití *(Mauritia flexuosa)* mantiene pozas permanentes de agua fresca y limpia además de producir buenos frutos, buenos medicamentos y buenos

cosméticos. A la gente del *cerrado* le gusta decir, exagerando solo levemente, que el burutí es capaz incluso de inventarse ríos enteros.

Pero el *cerrado* brasileño tiene otros emblemas que alegran el alma. El árbol ipé *(Tabebuia chrysotricha)*, cuando florece, se desnuda de hojas y frutos para quedarse solo con sus flores a modo de luminosas pinceladas suspendidas contra el azul del cielo. Es como si lo verde dimitiera para no restar protagonismo al amarillo más amarillo de todos los amarillos. Entre los animales que frecuentan el *cerrado* destaca el entrañable lobo guará *(Chrysocyon brachyurus)*, un amenazado cánido de patas largas que adora comer plantas, en especial el fruto de la llamada lobera *(Solanum lycocarpum)* con la que mantiene un ancestral pacto simbiótico.

Metralla celeste

El artista no sabe de qué ha sido testigo
pero intuye que su vida acaba de dividirse en dos partes

El 12 de febrero de 1947 amanece silencioso y gélido en el extremo oriental de Rusia, no lejos de Japón y China. A las 10:38 de la mañana un artista ha montado su caballete en su casa de la ciudad de Imán, cerca de la montaña Sijoté-Alín, y se dispone a trabajar. Mira por la ventana con el lápiz recién afilado en la mano y los párpados semicerrados para tamizar la luz cuando, de repente, se queda con la boca abierta. Una estela blanca, demasiado gruesa para ser de un cohete y demasiado recta para ser una nube, cruza la bóveda celeste de lado a lado. Cuatro segundos después una luz varias veces más brillante que la del Sol precede a un estampido pavoroso. La imagen sobrecoge, el sonido sobresalta. Todos los cristales de la casa se ponen a vibrar. El artista no sabe de qué ha sido testigo pero intuye que su vida acaba de dividirse en dos partes. Y empieza la segunda parte de su vida dibujando lo que ve con el lápiz preparado en la primera parte. El boceto acaba convirtiéndose en una pintura firmada por P. J. Medvedev que hoy se exhibe en el Museo Fersman de Mineralogía de Moscú. En 1957 la Unión Soviética emite un sello de correos con la imagen de esta pintura para conmemorar el décimo aniversario de la caída de un meteorito visto en la zona en un radio de 200 kilómetros. En aquellos días no existían teléfonos móviles para documentar el fenómeno desde mil ángulos diferentes y, desde que existe tal tecnología, aún no se había dado un caso tan impagable como el que asustó hace un tiempo a la ciudad de Chelyabinsk. No es la primera vez que un artista deja el testimonio del avistamiento de una improbabilidad celeste.

En un fresco de la Capilla Scrovegni de Padua Giotto di Bondone pintó un fresco que representa la adoración de los Reyes Magos. En lo alto aparece la imagen clásica de un cometa con cola luminosa reemplazando a la típica estrella navideña de Belén. La imagen es idéntica a las fotografías que tenemos del cometa Halley que visita la Tierra cada 76 años de promedio. Giotto tenía treinta y cuatro años cuando, en 1301, el cometa Halley fue perfectamente visible desde Florencia. Su intuición para relacionar la crónica científica con el testimonio de un texto religioso no puede ser más prerrenacentista. Espectáculos como el de Sikhote-Alin o el de Chelyabinsk son mucho más probables que el paso de cometas como el Halley. De hecho se dan decenas de veces al año, pero dado que solo el uno por ciento de la superficie de la Tierra está habitado, nunca hasta ahora se había tenido la oportunidad de obtener imágenes y sonido tan profusas y directas.

La física y la matemática del fenómeno son sencillas. Un cuerpo celeste de unos quince metros de envergadura y miles de toneladas de peso entra en nuestra atmósfera con una velocidad cósmica de decenas de miles de kilómetros por hora. La fricción con un aire progresivamente denso hace que a unos miles de metros de altura el meteorito estalle y se rompa en fragmentos liberando centenares de kilotones de energía (la bomba atómica de Hiroshima tenía 16 kilotones). Los fragmentos resultantes continúan hacia el suelo dentro de un cono cuyo vértice está en el punto de la explosión, cuyo eje sigue la dirección que tenía el meteorito antes de estallar y cuyo ángulo de abertura (el que forma la generatriz del cono con su eje) depende de la velocidad antes de la explosión y de la explosión misma.

¿Dónde hay que buscar los fragmentos del meteorito? Pues dentro de la figura geométrica que se obtiene como intersección entre el mencionado cono y el plano de la superficie terrestre. La figura que resulta de cortar un cono por un plano (que forma un ángulo con la base menor que su ángulo de abertura) tiene nombre en geometría: es una elipse. En resumen: todos los fragmentos de un meteorito que estalla una sola vez en la atmósfera se encuentran dentro de un campo de dispersión con forma de elipse cuyo eje mayor es paralelo a la dirección de impacto del meteorito y cuya

excentricidad depende del ángulo que forma tal dirección con el suelo. Un hipotético meteorito que cayera verticalmente desde el cénit daría lugar a un campo de dispersión circular. Además, cuanto mayor sea el fragmento más lejos se encontrará este dentro de la elipse en el sentido de la marcha ya que su inercia le ayuda a vencer la resistencia del aire. Si el meteorito estalla varias veces el campo de dispersión está formado por otras tantas elipses superpuestas.

En el caso pintado por Medvedev, la elipse tenía 1,3 kilómetros cuadrados, con ciento veinte cráteres entre árboles mutilados por la metralla. El mayor fragmento de las setenta toneladas iniciales de hierro pesa un kilo setecientos gramos. Miles de pequeños fragmentos de pocos gramos cambian de manos aún hoy entre museos, científicos, coleccionistas y joyeros.

La riada

La venganza de una nube obligada a pasar
de tres a una dimensión

La boca necesita saliva, los pulmones aire, el corazón sangre y el cerebro… ¿qué necesita el cerebro para funcionar? El cerebro necesita cambio. Y resulta que cuando el tiempo fluye vacío de cambios, entonces la situación tiene nombre: se llama aburrimiento. Un ciudadano puede entrar en grave crisis de aburrimiento si no tiene la mínima dosis de cambio que llevarse al cerebro. El aburrimiento tiene, pues, líneas de comparación con la asfixia de un edema pulmonar o con la angustia de un infarto de miocardio. Aburrirse es mucho más grave de lo que parece. Nos ocurre, por ejemplo, cuando esperamos en una cola. Nos inquieta que la cola se bifurque, que sus contornos se difuminen, que se cruce con otras colas, que se atasque, que un ciudadano haga cola en nombre de otros doce, que la cola de al lado siempre sea más rápida (incluso cuando uno cambia de cola)…

Las colas de espera no son un detalle marginal de la vida moderna. Para completar un vuelo internacional, por ejemplo, hay que superar un buen número de colas diferentes: cola para facturar, cola para pagar una tasa de aeropuerto (a veces), cola para el control de equipaje (quizá más de una), cola para el control de pasaportes, cola en la caja de la tienda de regalos, cola para subir al avión, cola para ir al baño en el avión, cola para bajar del avión, cola para tomar el taxi que nos devuelve a casa… El crecimiento de la población y su progresiva concentración en el espacio obliga a desarrollar una buena técnica de colas de espera. Una mala cola puede afectar gravemente a nuestra salud mental. Pero ¿cuál es la primera cuestión a

resolver? Curiosamente, la primera cuestión no es física, ni química, ni biológica, ni cultural, ni fisiológica, ni nerviosa, ni psicológica, ni administrativa, ni social, ni económica… es ¡matemática!

En efecto, un ser humano haciendo cola es, matemáticamente hablando, un objeto del espacio tridimensional (su cuerpo) que se mueve en el espacio de dos dimensiones (el suelo) siguiendo una ruta de una sola dimensión (la cola). Casi todos los problemas de una cola se empiezan a arreglar con la descompresión dimensional del espacio. Se consigue con unas simples cintas de *quita y pon* que convierten una cola lineal en un zigzag que recorre la totalidad de la superficie disponible. Si en un segmento lineal de diez metros se acomodan veinte personas, en una superficie cuadrada de diez por diez metros lo hacen cuatrocientas.

Comprender en ciencia es encontrar lo común entre lo diverso. ¿Qué otro fenómeno de nuestra vida cotidiana se explica con la misma poderosa metáfora de las tres dimensiones del espacio? El máximo gozo intelectual científico por comprensión se da justamente cuando dos cosas bien diferentes comparten una misma esencia. Por ejemplo, la cuestión fundamental de seres humanos desesperándose en una cola de espera tiene mucho que ver, quién lo diría, con la violencia de un río amenazando con salirse de su cauce. Esta es la historia:

La nube está henchida de agua en las tres dimensiones de su gigantesco volumen y descarga a plomo sobre las dos dimensiones de la caprichosa superficie terrestre desde donde resbala, fractalmente, con una dimensión menor que dos pero mayor que uno, por una red de hilos de corriente, arroyos y afluentes hacia una cita inevitable en la línea sinusoide del río de tan solo una dimensión. Tres, dos, uno: la brutal compresión de un espacio de tres dimensiones hasta un espacio de una sola dimensión explica la fuerza descomunal de la riada hasta que (uno, dos, tres) esta revienta en una turbia y trágica inundación bidimensional que acaba difundiéndose dentro de un océano tridimensional, inmenso e informe.

Arquímedes, quizás el matemático más grande de la historia, ideó un sistema genial para ordenar y clasificar los grandes números cuando aún faltaba mucho para descubrir el utilísimo número cero. En su honor, he propuesto que el futuro Museo Arquímedes en Siracusa reciba a sus

visitantes con la siguiente escultura matemática: un cubo transparente de un metro de lado contiene una tonelada de agua azul. Por uno de sus vértices el volumen tridimensional se descarga a una superficie cuadrada de un centímetro de espesor. De tal espacio casi bidimensional el agua pasa a un largo tubo casi unidimensional de un centímetro cuadrado de sección. El proceso tiene tres fases consecutivas. En la primera el agua ocupa el espacio tridimensional de un cubo, en la segunda el agua se vacía en el espacio bidimensional de un cuadrado y en la tercera el agua pasa a llenar un tubo de una sola dimensión. La experiencia es de una intensa emoción museográfica, pues lo que cabe en un cubo 3D de un metro de lado (!) entra en un cuadrado 2D de cien metros cuadrados (!) que entra a su vez en un tubo (ID) de diez kilómetros de longitud (!!). Inolvidable. Difícilmente un visitante de este museo se irá a vivir con su familia cerca del curso natural de las aguas.

Lobos y ratas

Joven, creo que debe usted revisar sus convicciones…

Algunos proyectos en común hacen que últimamente me vea bastante con Martí Boada, geógrafo, naturalista, viajero y buen conversador. ¿He dicho conversador? Conversar no es solo uno de los grandes placeres de la vida, conversar es también una actividad necesaria e imprescindible para aprender y para enseñar. Acabo de tener un encuentro de trabajo con él. La sesión, de apenas dos horas, ha ido entretejiendo dos conversaciones. Una era la conversación central y axial de trabajo. De ella iban cayendo notas y apuntes para reflexionar luego, con más tranquilidad. La otra conversación se ha desenroscado, paralela e intermitente, a base de abrir paréntesis, más o menos largos, cada vez que alguno de los dos evocaba alguna buena historia que contar. Uno de estos paréntesis ha dado de sí. Por eso lo traigo a estas páginas.

Hablábamos de cuándo se había extinguido el lobo en Cataluña. Difícil de saber, ¿no? Pues en este caso no es difícil, mira por dónde. Resulta que en la asociación de cazadores de Ripoll había un lobo taxidermizado que nadie podía datar con precisión, pero que todo el mundo decía que había sido el último lobo visto en Cataluña. El ejemplar estaba en un estado calamitoso y se decidió pedir a un buen taxidermista la reanimación del cadáver. El elegido fue el señor Salvador Filella, del Museo de Barcelona. Al abrir el cuerpo hubo un golpe de suerte: el relleno era de papel de periódico, concretamente de *La Vanguardia* de Barcelona y el episodio quedó así perfectamente datado. Resté el saque de la historia de Martí con otra historia vivida tan solo unos meses antes en un museo de Polonia. En los museos del Este se nota una presencia gravitatoria de la tragedia de la

segunda guerra mundial. Un objeto me llamó la atención en especial. Era un nido de ratas alojado en el interior de un sofá. El material de construcción era papel de periódico. La fecha era legible en dos lugares: 6 de febrero de 1940. Hacía bien poco que el Ejército alemán había invadido Polonia.

Acuciado por esta historia, Martí me gratifica con otra. En una de sus conferencias Martí declara lo que era la «verdad vigente» en los medios universitarios de la época: las ratas habían llegado al país en barcos del siglo XVI, quizá de América, quizá de Asia. Después de la conferencia se le acerca un caballero:

—Joven, creo que debe usted revisar sus convicciones sobre la llegada de las ratas al país porque en la catedral de Tarragona hay una rata esculpida en el capitel de una columna.

El comentario es de un veterano crítico de arte, Luis Monreal Tejada, y es demoledor porque el templo es medieval. El dato captura inesperadamente el interés del profesor Boada, que toma nota y aprovecha la primera ocasión para visitar la catedral. Su esperanza de buen naturalista es identificar incluso la especie biológica. ¿Procede de América? ¿Procede de Asia? Puedo imaginarme la escena: Martí encaramado a una escalera observando de cerca la rata de piedra mientras por lo bajo se le acerca un religioso del templo. ¿Puedo ayudarle en algo, caballero? Martí se explica, consciente de lo inusuales que van a sonar sus palabras y de la cara atónita con la que va a tener que lidiar en pocos segundos. Pero no. Al religioso todo le parece muy normal. El atónito ahora es Martí Boada, porque resulta que su nuevo amigo es un científico interesado, justamente, ¡en las ratas de catedral! Pues sí, señor, las ratas hace muchos siglos que rondan por aquí. Pero resulta que además, a lo largo de tanto tiempo, hay un episodio que se repite una y otra vez. Durante alguna obra de reforma o de mantenimiento, un nido de ratas puede quedar emparedado al terrorífico modo de Edgar Allan Poe. Pues bien, nuestro amigo ha dedicado buena parte de su tiempo a localizar estos restos y rastros por todo el edificio. Así ha logrado reunir una gran diversidad de pequeños objetos usados por las ratas a lo largo de la historia de la catedral: pedacitos de papel, de tejidos, botones, fibras… Y así, con estos tesoros de la arqueología ratuna, el amigo del profesor Boada

confía en reconstruir parte de la historia de la catedral y de los seres humanos que la frecuentaron.

El maestro hortelano

¿Dónde están aquellos melocotones de agua con piel violácea que uno pellizcaba para retirarla entera con un solo gesto?

La empresa es la unidad de la estructura económica como la célula lo es de un organismo vivo o la familia lo es de la sociedad humana. ¿Cuál es la gracia de una empresa? Una de ellas es, curiosamente, la de convencer a sus clientes para que externalicen una función que, en principio, podrían cumplir ellos mismos. Una empresa compite con las empresas que se dedican a lo mismo pero, sobre todo, compite con sus eventuales clientes. En efecto, dice un restaurante: no te prepares tú mismo la comida, nosotros lo haremos mejor, más rápido y más barato; dice una lavandería: no derroches tiempo y dinero lavándote la ropa en casa, nosotros lo haremos por ti; dice una fábrica de tomillos a otra de automóviles: los tomillos son cosa mía, tú diseña y monta automóviles. No te tricotes tú mismo un jersey, no te organices tú mismo las vacaciones, no cuides tu propio huerto. Relájate, confía… y mueve la economía. Y la economía funciona si, entre otras cosas, las empresas salen airosas total o parcialmente en su competencia con sus clientelas. Con los aviones y los ordenadores no hay problema. Sin embargo, no siempre es así.

Hay cosas que no pueden hacerse fuera de casa. Por ejemplo: ¡comer patatas fritas! ¡Qué fácil es preparar en casa unas buenas patatas fritas doradas y crujientes y cuán improbable es hacer lo mismo en un restaurante! Al parecer los restaurantes tienden a externalizar buena parte del proceso comprando a otra empresa sacos de patatas congeladas y previamente cortadas o a otra empresa que modela pasta de patata para darle forma de patata frita cruda, empresas que, por su parte, han

subcontratado a otras para seleccionar el producto en un mercado de tubérculos. Luego una freidora profesional sustituye a la sartén ahogando las patatas en un aceite con vocación de reciclarse a sí mismo. El resultado suele ser una caricatura irreconocible de la patata frita doméstica: una versión harinosa y sin embargo plástica, gomosa en vez de crujiente, de un anaranjado mate por el dorado luminoso e insípida o (peor aún) con cierto lejano regusto a calamares a la romana. La externalización ha conseguido un engendro que sobrevive gracias al prestigio de una idea original que ya pocos recuerdan.

¿Cómo recuperar lo que un día fue una buena idea? En cualquier fase de la preparación de un plato intervienen los cinco sentidos y todas las disciplinas de las ciencias experimentales, aunque tendemos a olvidar la que quizá sea la más imprescindible: la producción y selección de los productos primarios. La máxima estrella de la gastronomía es la que elabora y sirve el producto final, el jefe de cocina, el chef. Para él se reserva el máximo prestigio, de él conocemos hermosos libros, revistas especializadas, secciones especiales de las revistas generalistas, seductores programas de televisión, premios, prestigio y estrellas en unidades, dobletes o tripletes. El chef es el que investiga, imagina, inventa, experimenta e innova. Poco o nada sabemos de los sabios que consiguen el producto original. No hay estrellas para el que invierte energía, espacio, tiempo e imaginación en la obtención de las mejores calidades en el cultivo de hortalizas, derivados lácteos, frutas, carnes, mariscos y pescados.

Si la labor entre fogones es arte, ciencia y tecnología, el oficio de conseguir los productos primarios no lo es menos. Los productos de mercado tienen una historia natural de cientos de millones de años pero también una larga historia cultural que arranca hace de cenas de miles de años. Todo lo que vemos en el mercado fue silvestre en su día, en particular las más de quinientas variedades de patatas existentes hoy en día producto de la sensibilidad e inteligencia de genios anónimos, probablemente peruanos precolombinos. Con frecuencia, al comer patatas fritas caseras, ocurre algo extraordinario: de repente una de ellas tiene un sabor excepcional que evoca aromas de tierra húmeda. En el plato se pueden encontrar otras que proceden de la misma pieza, claro, y entonces pienso en

qué pena no haber reservado un pedazo crudo para intentar convertir la excepción en regla alumbrando y estabilizando una nueva variedad de suprema calidad de patata para freír. El Maestro Productor parece no existir o, por lo menos, no se le reconoce y valora. Existen enólogos y sumilleres para el vino, jefes de y para la cocina, maestros reposteros y chocolateros. Pero ¿quién investiga, innova, garantiza y mima las materias primas? Tengo recuerdos proustianos de productos que han desaparecido del mercado visible. ¿Dónde están aquellos melocotones de agua con piel violácea que uno pellizcaba para retirarla entera con un solo gesto? Quizá convenga inventar la dignidad de Maestro Hortelano y reservar para él una cuota de creatividad y de prestigio social. Es una propuesta.

Epílogo
Las siete edades de la cultura humana

Revisar las pruebas de un libro es la última ocasión para pensarlo en su conjunto y para descubrir comprensiones no escritas. Así nace un epílogo como este

La cultura, entendida como información transmitida por vía no genética, empieza en el mundo animal con la evolución biológica ya bien madura. Cuervos y chimpancés, por ejemplo, no solo usan herramientas sino que también las fabrican. Es algo que no está en los genes sino que se descubre, se aprende y se transmite. La cultura es un logro de la selección natural y su primer criterio de selección fue sin duda *la utilidad* (1). Es la propiedad esencial (quizá la única) de un *chopper* fabricado por un *Homo habilis* hace más de dos millones de años (un canto rodado quebrado por un lado a modo de filo). De eso hace más de dos millones de años, en pleno amanecer de la cultura.

Pasa mucho tiempo hasta que otro homínido, el *Homo erectus*, añade una segunda propiedad a sus hachas de piedra: *la estética* (2). Se trata de un valor añadido hace más de cuatrocientos mil años a la utilidad. ¿Por qué habría de ser un hacha obsesivamente simétrica? La simetría no mejora su utilidad. Es una repetición bilateral, una armonía frecuente en la naturaleza: la misma que exhiben los animales respecto a la dirección perpendicular a su movimiento. Estamos en la segunda edad de la cultura.

Y el tiempo continúa pasando hasta que el *Homo sapiens* dibuja, pinta y graba en las paredes de piedra. Entonces ya hay algo que no es utilidad ni estética. Unos dicen que es cosa de chamanes, otros que es cosa de magia,

otros que es para que lo vean los espíritus… Pero quizás exista una esencia común en todas esas alternativas. Los animales y figuras humanas conservadas en las paredes de las grutas tienden a representar la parte de realidad que conviene, la que se desea: fecundidad, animales (cuya carne, grasa, huesos y pieles se necesitan para vivir), celebraciones, ritos, fiestas… Raramente se ven animales dañinos o crónicas de tragedias. Es como si se quisiera influir en la realidad. ¿Cómo? Pues apelando a algo inmaterial capaz de influir sobre lo material, llamémosles espíritus. Digamos entonces que hace unos treinta mil años emerge *la espiritualidad* (3) para sumarse a la utilidad y a la estética e inaugurar la tercera edad de la cultura.

Y el tiempo sigue fluyendo hasta el gran salto: los símbolos ya no se usan solo para evocar pedazos de la realidad, también se pueden usar para representar ideas abstractas: conceptos filosóficos, números, letras y palabras. Y así, con el descubrimiento de la ganadería y de la agricultura, florece *la abstracción* (4) que despliegan las antiguas civilizaciones de Mesopotamia, Grecia y Egipto. Con la abstracción la cultura (de la utilidad, de la estética y de lo espiritual) abre su cuarta edad y ya tiene cómo elevarse al rango de conocimiento universal susceptible de ser registrado con fidelidad y transmitido con rigor.

Gracias a ello aparecen las religiones con libro, con libro único, que revelan verdades únicas de un Dios único: la Torá, la Biblia, el Corán… La verdad revelada pasa entonces a señorear la cultura y la convivencia. El arte de Bizancio está plasmado en oro para la gloria de Dios, el románico es pedagogía severa de la fe… Así irrumpe la quinta edad de la cultura humana: *la revelación* (5). En los siglos siguientes asoma una contradicción creciente: en un mundo incierto y cambiante domina una cultura de verdades únicas y eternas.

En el clímax de este conflicto brota el Renacimiento. En él eclosiona una nueva forma de conocimiento que entra en colisión frontal con el saber revelado. Se trata de conocer la realidad con la mínima ideología preconcebida posible: es *la ciencia* (6). En un sentido amplio se puede decir que hay ciencia desde antes de Arquímedes, pero la ciencia tal como hoy la entendemos arranca con Galileo: es la sexta edad de la cultura.

Algo parecido sucede con el arte. Decimos arte rupestre para referirnos a las pinturas del Paleolítico. Sin embargo el arte por el arte no despierta hasta finales del siglo XIX. Es el arte despojado de cualquier función social o religiosa, una forma de cultura que, según Walter Benjamin, tiene a Mallarmé como primer usuario. Es la séptima y más reciente edad de la cultura: *el arte* (y 7).

Se puede concebir todo un nuevo Museo de la Historia de la Cultura con este guión: utilidad, estética, espiritualidad, abstracción, revelación, ciencia y, por fin, el arte.

Apéndices

Referencias

Aad, G. et al. (véase el Anexo) (2012), «Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC», *Physics Letters B*, 716 (1), págs. 1-29.

Adorno, T. W. (2005), *Teoría estética*, Madrid, Akal.

Benjamin, W. (1999), *Ensayos escogidos*, México D. F., Ediciones Coyoacán.

— (2008), *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*, en Obras Completas vol. 2, Madrid, Abada.

Benyus, J. (2012), *Biomímesis*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 119.

Brandao, R., B. Urbani y J. Wagensberg (1999), «New Technomyrmex in Dominican Ambar», *Entomological Scandinavica*, 29, págs. 411-428.

Brockman, J. (1996), *La tercera cultura*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 43.

Chaitin, G. (1975), «Randomness and Mathematical Proof», *Scientific American*, vol. 212, pág. 47.

Clarke, A. (1945), *Peacetime Uses for V2*, Wireless World, febrero de 1945.

— (2008), *2001, una odisea espacial*, Barcelona, Planeta DeAgostini.

Connes, M., G. Faltings, V. Jones, S. Smale, R. Thom y J. Wagensberg (1992), «Mathematical Research Today and Tomorrow», Berlín, Springer Verlag, *Lectures Notes in Mathematics*, 1525, págs. 87-108.

Dyson, F. W., A. S. Eddington y C. R. Davidson (1920), «A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gravitational Field, from Observations Made at the Solar eclipse of May 29, 1919»,

Philosophical Transactions of the Royal Society A 220 (571-581): 291-333.
Eco, U. (2002), *La definición del arte*, Barcelona, Destino.
Einstein, A. (1905), «Zur Elektrodynamik bewegter Körper», *Annalen der Physik*, 17 (10), págs. 891-921.
— (1915), «Feldgleichungen der Gravitation», Preussische Akademie der Wissenschaften, *Sitzungsberichte*, 2, págs. 844-847.
Feyerabend, P. (1993), *Contra el método*, Barcelona, Planeta DeAgostini.
Fontenelle, B. ([1686], 1992), *Entretiens sur la pluralité des mondes*, París, PUF.
Foucault, M. (1966), *Les mots et les choses*, Éditions Gallimard [trad, esp.: *Las palabras y las cosas*, Madrid, Siglo XXI, 2008].
Fukuyama, F. (1992), *El fin de la historia y el último hombre*, Barcelona, Planeta.
Gadamer, H. G. (1977), *Verdad y método*, Salamanca, Sígueme.
— (1991), *La actualidad de lo bello*, Barcelona, Paidós.
García, L. (2013), *Ajedrez y ciencia, pasiones mezcladas*, Barcelona, Crítica.
Gott, R. (2003), *Los viajes en el tiempo y el universo de Einstein*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 79.
Guidon, N. y G. Delibrias (1986), «Carbon 14 dates man in the Americas 32.000 years ago», *Nature*, 321, págs. 769-771.
Hegel, G. W. F. (1989), *Lecciones sobre estética*, Madrid, Akal.
Heidegger, M. (1961), *Nietzsche*, Verlag Günther Neske [trad, esp.: *Nietzsche*, Barcelona, Destino, 2005].
Herculano-Houzel, S. y R. Lent (2005), «Isotropic fractionator: a simple, rapid method for the quantification of total cell and neuron numbers in the brain», *The Journal of Neuroscience* 25, págs. 2518-2521.
Hergé (1944), *Les sept boules de cristal, Le Soir*, prepublicación por entregas entre el 16 de diciembre de 1943 y el 3 de septiembre de 1944 [trad, esp.: *Tintín y las siete bolas de cristal*, Barcelona, Juventud, 1989].
Hertz, H. (1887), «Über den Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung», *Annalen der Physik*, 267 (8), págs. 983-1000.

Higgs, P. W. (1964), «Broken symmetries, massless particles and gauge fields», *Physics Letters*, 12 (2), págs. 132-201.

Hodge, S. (2012), *50 cosas que hay que saber sobre arte*, Barcelona, Ariel.

Horgan, J. (1996), *The End of Science: Facing the Limits of Science in the Twilight of the Scientific Age*, Nueva York, Broadway Books.

Hoyle, F. (1981), «On Evolution», *Nature*, 294, pág. 10.

Kandinski, V. ([1912], 2012), *De lo espiritual en el arte*, Barcelona, Paidós.

Kuhn, T. S. (2005), *La estructura de las revoluciones científicas*, Madrid, Fondo de Cultura Económica de España.

Lakatos, I. (1982), *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid, Tecnos.

Landau, L. D. y Y. M. Lifshits (2005), *Curso de Física Teórica, Mecánica*, vol. 1, Barcelona, Ed. Reverté.

Leavis, F. R. (1962), *Two Cultures? The Significance of C. P. Snow*, Londres, Chatto & Windus.

Lévy-Leblond, J.-M. (2010), *La science n'est pas l'art*, París, Hermann.

Mandelbrot, B. (1987), *Los objetos fractales*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 13.

— (1997), *La geometría fractal de la naturaleza*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 49.

Margulis, L. y K. Schwartz (1997), *The Five Kingdoms*, W. H. Freeman & Co.

Margulis, L. (1998), *Symbiotic Planet*, Nueva York, Basic Books.

Mars, M., J. M. M. Senovilla y R. Vera (2001), *Physical Review Letters D*, 77 (2).

Medvedev, Z. A. (1966), *Protein Biosynthesis and Problems of Heredity, Development and Aging*, Nueva York, Springer Verlag.

Mereschkowsky, K. (1910), «Theorie der zwei Plasmaarten als Grundlage der Symbiogenesis, einer neuen Lehre von der Entstehung der Organismen», *Biologisches Zentralblatt*, 30, págs. 353-367.

Michelson A. A. y E. W. Morley (1887), «On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether», *The American Journal of Science*, vol. XXXIV, 203, págs. 333-345.

Mosterín, J. (2013), *Ciencia, filosofía y racionalidad*, Barcelona, Gedisa.

Navarro, J. (2011), *Los secretos del número pi*, Barcelona, RBA.
Nietzsche, F. (2000), *Basic Writings of Nietzsche*, W. Kaufmann (ed.), Nueva York, Modern Library.
— (2011), *El nacimiento de la tragedia*, Madrid, Alianza.
«Ockham, William» (1995), *Cambridge Dictionary of Philosophy*, Robert Audi (ed.), Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, págs. 543-545.
Paley, W. (1809), *Natural Theology: or, Evidences of the Existence and Attributes of the Deity* (12.ª ed.), Londres, Faulder.
Pauli, G. (2011), *La economía azul*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 115.
Pavia, G. S., A. C. Pavão, O. Mendes y E. F. Silva (2007), «Production of Ball-Lighting-Like Luminous Balls by Electrical Discharges in Silicon», *Physical Review Letters*, 98.
Popper, K. (1963), *Conjectures and Refutations*, Londres, Routledge.
— (2006), *La sociedad abierta y sus enemigos*, Barcelona, Paidós.
Portier, P. (1918), *Les symbiotes*, París, Masson.
Prigogine, I. e I. Stengers (1983), *La nueva alianza*, Madrid, Alianza Universidad.
Ricard, A. (2009), *Hitos del diseño*, Barcelona, Ariel.
Sagan, L. (más tarde Margulis, L.) (1967), «On the origin of mitosing cells», *Journal of Theoretical Biology* 14 (3), págs. 225-293.
Sagan, D. (ed.) (2012), *Lynn Margulis, the Life and Legacy of a Scientific Rebel*, Vermont, Chelsea Green [trad. esp.: *Lynn Margulis. Vida y legado de una científica rebelde*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas, en prensa].
Schimper, A. (1883), «Über die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörper», *Botanische Zeitung*, 41: págs. 105-114, 121-131, 137-146, 153-162.
Snow, C. P. (1959), *The Two Cultures*, Londres, Cambridge University Press.
Sokal, A. (1996), «Transgressing the Boundaries: Toward a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity», *Social Text*, 46/47, págs. 217-252.

Tetradas R., E. Tetradas y J. Wagensberg (2006), *CosmoCaixa: the Total Museum Through Conversation Between Architects and Museologists* (en español: *CosmoCaixa: el Museo Total por conversación entre arquitectos y museólogos*, Sacyr).

Verne, J. (1986), *Obras completas*, Barcelona, Orbis.

Wagensberg, J. (1985), *Ideas sobre la complejidad del mundo*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 9.

— (2004), *La rebelión de las formas*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 84.

— (2007), *El gozo intelectual*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 97.

— (2009), *Yo, lo superfino y el error*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 107.

— (2010), *Las raíces triviales de lo fundamental*, Barcelona, Tusquets Editores, col. Metatemas 112.

— (2014), «On the Existence and Uniqueness of the Scientific Method», *Biological Theory* (KLI), Altenberg, en prensa.

Wallin, I. E. (1927), *Symbionticism and the Origin of Species*, Baltimore, Williams & Wilkins Company.

Weinberg, S. (1996), «The Sokal's Hoax», *The New York Review of Books*, 42 (13), págs. 11-15.

West, G. B., J. H. Brown y B. J. Enquist (1997), «A General Model for the Origin of Allometric Scaling Laws in Biology», *Science*, 276, págs. 122-126.

Wier, A., M. Dolan, D. Grimaldi, R. Guerrero, J. Wagensberg y L. Margulis (2002), «Spirochete and protist symbionts of a termite (Mastotermes electrodominicus) in Miocene amber», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99 (3), págs. 1410-1413.

Wilson, E. O. (1999), *Consilience: la unidad de conocimiento*, Barcelona, Galaxia Gutenberg.

Zheng, X., Z. Zhou, X. Wang, F. Zhang, X. Zhang, Y. Wang, G. Wei, S. Wang y X. Xu (2013), «Hind Wings in Basal Birds and the Evolution of Leg Feathers», *Science*, vol. 339 2013 DOI: 10.1126/science.1228753.

Anexo
Ciencia: más vocación internacional que interdisciplinaria

En este anexo aparece una pequeña representación de los coautores del artículo publicado con ocasión de la detección del bosón de Higgs:

Aad, G. et al. (2012), «Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC», *Physics Letters B*, 716 (1), págs. 1-29.

Se trata de un total de 3150 coautores de 178 instituciones y de 32 países, pero en su inmensísima mayoría, pertenecientes a departamentos de física. El bosón de Higgs es un caso de *tierra adentro* de la física, pero es también un buen ejemplo de que la ciencia parece tener más facilidad para la vocación internacional que para la vocación interdisciplinaria:

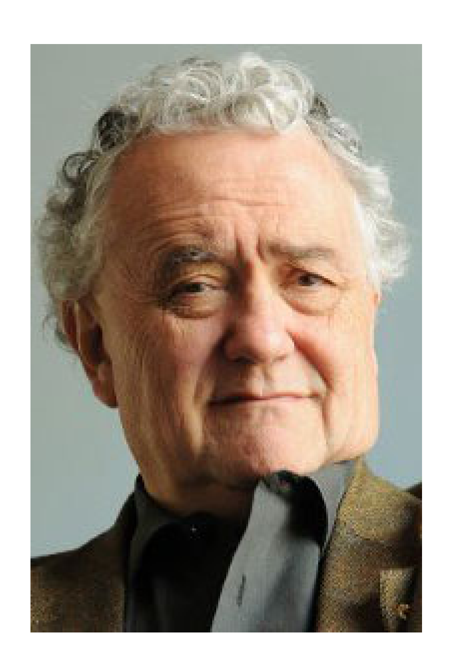
G. Aad[48], T. Abajyan[21], B. Abbott[111], J. Abdallah[12], S. Abdel Khalek[115], A. A. Abdelalim[49], O. Abdinov[11], R. Aben[105], B. Abi[112], M. Abolins[88], O. S. AbouZeid[158], H. Abramowicz[153], H. Abreu[136], B. S. Acharya[164a, 164b], L. Adamczyk[38], D. L. Adams[25], T. N. Addy[56], J. Adelman[176], S. Adomeit[98], P. Adragna[75], T. Adye[129], S. Aefsky[23], J. A. Aguilar-Saavedra[124b, a], M. Agustoni[17], M. Aharrouche[81], S. P. Ahlen[22], F. Ahles[48], A. Ahmad[148], M. Ahsan[41], G. Aielli[133a, 133b], T. Akdogan[19a], T. P. A. Åkesson[79], G. Akimoto[155], A. V. Akimov[94], M. A. Alam[76], M.S. Alam[2], J. Albert[169], S. Albrand[55], M. Aleksa[30], LN. Aleksandrov[64], F. Alessandria[893], C. Alexa[26a], G. Alexander[153], G. Alexandre[49], T. Alexopoulos[10], M. Alhroob[164a, 164c], M. Aliev[16], G. Alimonti[89a], J.

Alison[120], B. M.M. Allbrooke[18], P. P. Allport[73], S. E. Allwood-Spiers[53], J. Almond[82], A. Aloisio[102a, 102b], R. Alon[172], A. Alonso[79], F. Alonso[70], (..), T. Yamazaki[155], Y. Yamazaki[66], Z. Yan[22], H. Yang[87], H. Yang[173], U. K. Yang[82], Y. Yang[109], Z. Yang[146a, 146b], S. Yanush[91], L. Yao[33a], Y. Yao[15], Y. Yasu[65], G. V. Ybeles Smit[130], J. Ye[40], S. Ye[25], M. Yilmaz[4e], R. Yoosoofmiya[123], K. Yorita[171], R. Yoshida[6], K. Yoshihara[155], C. Young[143], C. J. Young[118], S. Youssef[22], D. Yu[25], J. Yu[8], J. Yu[112], L. Yuan[66], A. Yurkewicz[106], M. Byszewski[30], B. Zabinski[39], R. Zaidan[62], A. M. Zaitsev[128], Z. Zajacova[30], L. Zanello[132a, 132b], D. Zanzi[99], A. Zaytsev[25], C. Zeitnitz[175], M. Zeman[125], A. Zemla[39], C. Zendler[21], O. Zenin[128], T. Ženiš[144a], Z. Zinonos[122a, 122b], D. Zerwas[115], G. Zevi della Porta[57], D. Zhang[33b, ak], H. Zhang[88], J. Zhang[6], X. Zhang[33d], Z. Zhang[115], L. Zhao[108], Z. Zhao[33b], A. Zhemchugov[64], J. Zhong[118], B. Zhou[87], N. Zhou[163], Y Zhou[151], C. G. Zhu[33d], H. Zhu[42], J. Zhu[87], Y. Zhu[33b], X. Zhuang[98], V. Zhuravlov[99], D. Zieminska[60], N. I. Zimin[64], R. Zimmermann[21], S. Zimmermann[21], S. Zimmermann[48], M. Ziolkowski[141], R. Zitoun[5], L. Živković[35], V. V. Zmouchko[128], G. Zobemig[173], A. Zoccoli[20a, 20b], M. zur Nedden[16], V. Zutshi[106], L. Zwalinski[30].

Instituciones y países de los coautores del artículo:

[1] School of Chemistry and Physics, University of Adelaide, Adelaide, Australia;[2] Physics Department, SUNY Albany, Albany, NY, United States; [3] Department of Physics, University of Alberta, Edmonton, AB, Canada; [4a] Department of Physics, Ankara University, Ankara, Turkey;[4b] Department of Physics, Dumlupinar University, Kutahya, Turkey;[4c] Department of Physics, Gazi University, Ankara, Turkey; [4d] Division of Physics, TOBB University of Economics and Technology, Ankara, Turkey; [4c] Turkish Atomic Energy Authority, Ankara, Turkey; [5] LAPP, CNRS/IN2P3 and Université de Savoie, Annecy-le-Vieux, France; [6] High Energy Physics Division, Argonne National Laboratory, Argonne, IL, United States; [7] Department of Physics, University of Arizona, Tucson, AZ, United States;[8] Department of Physics, The University of Texas at Arlington, Arlington,

TX, United States; [9] Physics Department, University of Athens, Athens, Greece; [10] Physics Department, National Technical University of Athens, Zografou, Greece (..) [167] Instituto de Física Corpuscular (IFIC) y Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear y Departamento de Ingeniería Electrónica y Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM), University of Valencia and CSIC, Valencia, Spain; [168] Department of Physics, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada; [169] Department of Physics and Astronomy, University of Victoria, Victoria, BC, Canada; [170] Department of Physics, University of Warwick, Coventry, United Kingdom; [171] Waseda University, Tokyo, Japan; [172] Department of Particle Physics, The Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel; [173] Department of Physics, University of Wisconsin, Madison, WI, United States; [174] Fakultät für Physik und Astronomie, Julius-Maximilians-Universität, Würzburg, Germany; [175] Fachbereich C Physik, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal, Germany; [176] Department of Physics, Yale University, New Haven, CT, United States; [177] Yerevan Physics Institute, Yerevan, Armenia; [178] Centre de Calcul de l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3), Villeurbanne, France.



JORGE WAGENSBERG (Barcelona, 1948 - Ídem, 2018) fue doctor en física y profesor de teoría de los procesos irreversibles en la Universidad de Barcelona. Además de investigador, fue un dinámico animador del debate de ideas, lo que le valió, entre otros, el Premio Nacional de Pensamiento y Cultura Científicos en Cataluña. Fue director de la colección Metatemas desde su creación en 1983. Tras haber dirigido durante quince años CosmoCaixa, referente de los museos de la ciencia de todo el mundo, fue también director científico de la Fundación "la Caixa" y participó en la elaboración del proyecto de un gran museo sobre Ciencia y Arte: El Hermitage Barcelona. Es autor de veinte libros, entre ellos *Si la naturaleza es la respuesta, ¿cuál era la pregunta?* o *Más árboles que ramas*, con gran éxito entre la crítica y los lectores, y de múltiples trabajos de investigación sobre termodinámica, matemáticas, biofísica, microbiología, paleontología, entomología, museología científica y filosofía de la ciencia.